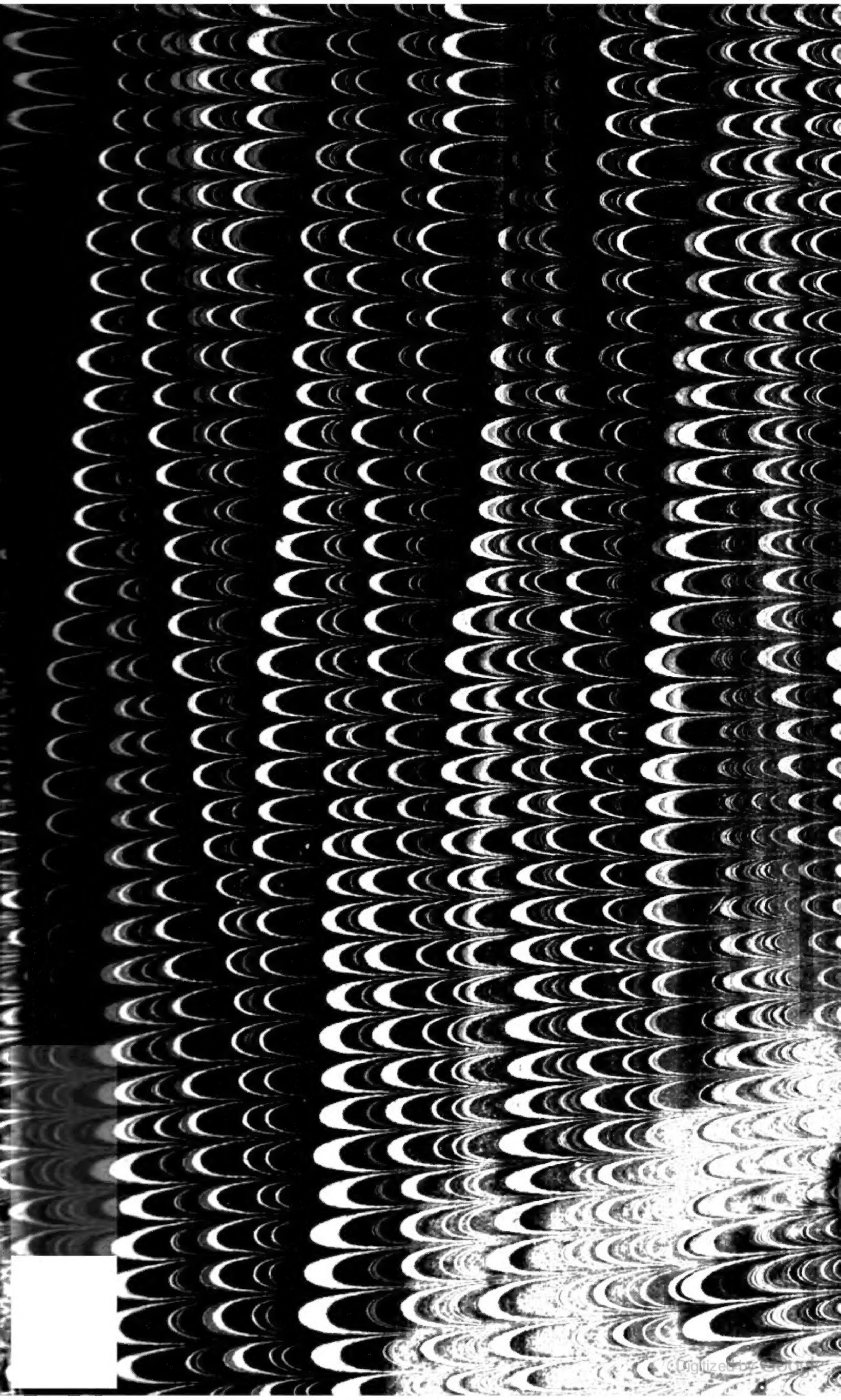
image
not
available


UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK GENT



ASTRONOMIE POPULAIRE

TOME QUATRIÈME

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT, 7

ASTRONOMIE POPULAIRE

PAR

FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉE
D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION
DE

M. J.-A. BARRAL

Ancien Élève de l'École Polytechnique, ancien Répétiteur
dans cet Établissement.

TOME QUATRIÈME

ŒUVRE POSTHUME

PARIS
GIDE, ÉDITEUR
5 rue Bonaparte

LEIPZIG
T. O. WEIGEL, ÉDITEUR
Königs-Strasse

1857

ASTRONOMIE POPULAIRE

LIVRE XXIII

ATTRACTION UNIVERSELLE

CHAPITRE PREMIER

AVANT-PROPOS

De tous les résultats qui font la gloire de l'astronomie moderne, aucun ne frappe plus fortement l'imagination des personnes étrangères aux lois de la mécanique céleste, que la détermination des masses des astres. Aussi, lorsqu'un professeur chargé d'analyser les merveilles du firmament devant les gens du monde, commet la faute, au début d'une leçon, de citer les valeurs numériques des masses planétaires; s'il dit, par exemple, je vais prouver que le Soleil, placé dans le bassin d'une balance et soumis à la puissance attractive de la Terre, aurait besoin pour être équilibré de 354,936 globes pareils au globe terrestre, entassés dans le bassin opposé; un vif sentiment d'incrédulité s'empare de l'auditoire, et si l'on écoute le démonstrateur, c'est seulement pour juger de son habileté à développer un sophisme. Telle est cependant la

question à laquelle l'ordre naturel des idées m'amène inévitablement. Il m'a semblé que, sans recourir à aucune formule algébrique, je pouvais ne pas renoncer à la satisfaction de donner aux lecteurs une idée suffisamment exacte des méthodes à l'aide desquelles on est parvenu à peser les planètes. Si même je dévoilais ici toute ma pensée, l'on verrait, quoique j'aie réellement à parcourir l'ensemble des principes fondamentaux de la théorie de l'attraction, que je crains encore moins de ne pas être compris que d'entendre dire à ceux qui auront la patience de suivre la démonstration jusqu'à la fin : Comment, ce n'était que cela !

CHAPITRE II

LOIS DE L'ATTRACTION EXERCÉE PAR LES CORPS LES UNS SUR LES AUTRES

Un corps abandonné à lui-même tombe vers la Terre, mais un corps inerte, c'est-à-dire dépourvu de volonté, indifférent au repos comme au mouvement, ne peut se mouvoir, ne peut tomber, ne peut marcher de haut en bas que si une force l'y oblige. Tous les éléments de cette force émanant des particules matérielles dont notre globe se compose, leur ensemble, leur résultante, constitue ce qu'on appelle l'attraction, la gravitation, la pesanteur de ce corps.

La force totale qui sollicite une certaine molécule attirée, étant la somme des actions de chaque molécule matérielle du corps attirant, elle sera, quant à son intensité, proportionnelle au nombre de ces dernières molé-

cules. Ainsi, supposez que la Terre, sans changer de dimension, devienne plus compacte d'un centième ; qu'elle arrive à renfermer un centième de matière de plus, sous le même volume, sa force attractive sur les corps placés à la surface deviendra d'un centième plus grande qu'auparavant.

Qui ne comprendra maintenant le sens véritable de cette expression si souvent employée :

L'attraction est proportionnelle à la masse.

Une variation dans la masse, ou, ce qui est la même chose, dans le pouvoir attractif de notre globe, comment se manifesterait-elle? Je dis que ce serait par une variation correspondante dans la vitesse des corps tombants. Cette vitesse (pendant un temps très-court, on peut la supposer uniforme) doit être en effet proportionnelle à la force qui l'engendre; or, la force est comme la masse. Donc, la vitesse sera aussi proportionnelle à la masse. Aujourd'hui un corps pesant parcourt, à Paris, dans la première seconde de sa chute, $4^{m}.9$ (15 pieds 3 lignes). Eh bien, si la masse de la Terre augmentait d'un centième, ce serait aussi d'un centième qu'augmenterait l'espace parcouru dans cette première seconde ; au lieu de $4^{m}.9$, on trouverait $4^{m}.9$ plus $0^{m}.049$, ou $4^{m}.949$. Ne commence-t-on pas à entrevoir comment des vitesses conduiront à l'évaluation des masses? Mais continuons.

La quantité dont un corps tombe par l'action de la Terre dans l'intervalle d'une seconde, diminue à mesure qu'on s'élève au-dessus du sol. Elle est déjà sensiblement plus petite au sommet d'une haute montagne qu'au niveau de la mer. La force qui engendre cette vitesse, je veux

dire la force attractive inhérente aux molécules matérielles, diminue donc quand la distance s'accroît. Il fallait trouver suivant quelle loi s'opère la diminution. Newton fit cette découverte capitale ; c'est lui qui démontra qu'à la distance 2, la puissance attractive d'un corps est 2 multiplié par 2 ou 4 fois plus petite qu'à la distance 1 ; qu'à la distance 3, elle est devenue 3 multiplié par 3 ou 9 fois plus petite qu'à la distance 1 ; qu'à la distance 10 elle n'est plus que la centième partie (10 multiplié par 10) de sa valeur à l'unité de distance. Puisqu'en arithmétique on appelle *carré* d'un nombre le produit de ce nombre multiplié par lui-même, nous engloberons tous les résultats particuliers dans cette formule générale :

La puissance attractive d'un corps diminue proportionnellement au carré des distances.

Tout à l'heure, nous entrevoyions que des mesures de vitesse pourraient conduire à la détermination des masses ; maintenant nous reconnaissons l'impérieuse nécessité de tenir compte de la distance à laquelle l'expérience sur la vitesse aura été faite.

Revenons un moment sur nos pas, afin de lever une difficulté qui pourrait se présenter à l'esprit du lecteur sur la manière d'évaluer les distances, quand les corps attractifs auront des dimensions considérables.

Lorsqu'un petit corps terrestre, après avoir été soulevé jusqu'à 10 mètres de hauteur, par exemple, est abandonné à lui-même, il tombe, et nous sommes convenus que c'est en vertu de l'action individuelle exercée par chacune des molécules matérielles dont la Terre se compose. Or, ces molécules ne se trouvent pas, tant s'en faut,

à la même distance du corps grave. Les molécules de la surface auxquelles il correspond verticalement, n'en sont, par hypothèse, qu'à 10 mètres. La distance est sur la place du Panthéon à Paris, par exemple, de 6,365,417 mètres plus 10 mètres, pour les molécules centrales, et à peu près le double pour les molécules situées à l'antipode. Il semble véritablement impossible de tirer aucune conséquence simple de la somme des actions de tant de milliards de molécules si diversement placées. Le problème est en effet insoluble lorsque le corps attirant a une forme irrégulière. Quand cette forme au contraire est sphérique, le calcul devient d'une simplicité remarquable. En effet, Newton a démontré cette autre loi très-importante :

Les molécules matérielles uniformément distribuées dans le volume d'une sphère agissent en somme sur un point extérieur comme si elles étaient toutes réunies au centre de la sphère.

Ainsi, tant qu'il s'agira de corps rigoureusement ou à peu près sphériques, nous n'aurons pas besoin de nous préoccuper des distances, les unes grandes, les autres moindres, les autres petites, des diverses molécules attirantes au point attiré. Tout se passera exactement alors comme si l'ensemble de ces molécules se trouvait au centre de cette sphère ; il n'y aura, par une abstraction que le théorème de Newton a légitimée d'avance, qu'une seule distance à considérer : celle de ce centre au point attiré.

Nous venons de considérer l'attraction de notre globe sur un corps en repos; nous devons encore examiner comment la force attractive de la Terre s'exerce sur un corps en mouvement.

Supposons qu'un canon, placé à une certaine hauteur, ait été pointé dans une direction parfaitement horizontale. Le boulet sortira de cette pièce horizontalement ; mais personne n'ignore qu'il abandonne bientôt cette direction, qu'il descend peu à peu, qu'à la fin il tombe à terre. Personne ne doute non plus que cette descente graduelle du boulet ne soit l'effet de la force attractive du globe. On ne sait pas aussi généralement si cette force est modifiée dans ses effets par la vitesse de translation du boulet. Une expérience très-simple nous l'apprendra.

Supposons qu'en face du canon il y ait un mur vertical, que l'éloignement de ce mur soit d'ailleurs tel que le boulet emploie tout juste une seconde pour aller le frapper ; marquons exactement le point sur lequel l'axe de la pièce est dirigé, le point que le boulet irait rencontrer s'il se mouvait en ligne droite, si pendant sa course la Terre ne l'attirait pas. La distance verticale de ce point de visée au point, sensiblement plus bas, par lequel le boulet pénétrera réellement dans le mur, est la mesure de l'effet que la pesanteur produit, dans l'intervalle d'une seconde, sur un corps qui se meut avec une très-grande vitesse horizontale. L'expérience donne pour cette distance 4^{m}.9 ; c'est précisément la quantité dont le boulet soulevé et abandonné ensuite à lui-même, tombe verticalement dans le même sens.

Plaçons, si l'on veut, le mur à un plus grand éloignement du canon. Supposons que le boulet n'aille l'atteindre qu'au bout de deux secondes. Le point que ce boulet frappera se trouvera beaucoup plus au-dessous du point visé que dans la précédente expérience ; mais la distance

de ces deux points sera tout juste égale à la distance verticale d'un corps qui, abandonné à lui-même, subit pendant deux secondes l'action de la pesanteur.

En thèse générale, *l'action attractive de la Terre produit exactement le même effet sur un corps en repos et sur un corps en mouvement, quand cet effet est mesuré dans la direction suivant laquelle l'attraction s'exerce.*

La Lune va nous fournir un nouveau moyen de vérifier cette dernière loi, et celle de l'affaiblissement de la force attractive en raison du carré des distances. La Lune, en effet, n'est aux yeux de l'astronome et du géomètre, qu'un projectile qui, à l'origine des choses, a été lancé avec assez de force pour circuler indéfiniment autour de la Terre, comme le ferait aujourd'hui, sans la présence de l'atmosphère, un boulet projeté horizontalement près de la surface avec une vitesse suffisante.

Soit C (fig. 305) le point occupé par la Terre, autour

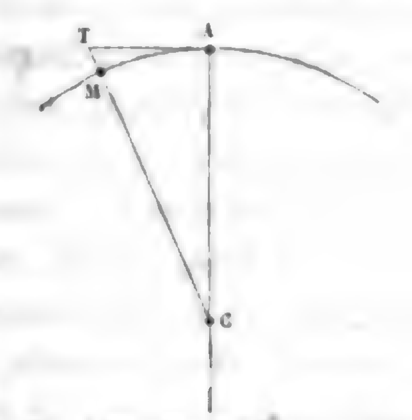


Fig. 305. — Attraction de la Terre sur la Lune.

duquel la Lune circulerait de droite à gauche, par exemple ; A, la place actuelle de cet astre. Au moment de quitter le point A, la Lune se meut dans la direction du

petit élément de son orbite curviligne qui passe par le point A, c'est-à-dire dans la direction de la ligne droite tangente AT. Ce n'est pourtant pas en T que la Lune va rencontrer le rayon CT (au lieu de rayon, j'ai presque dit le mur vertical CT, comme dans le cas du boulet); c'est en M que la rencontre a lieu. Or, la Lune n'a pas pu quitter la direction AT, suivant laquelle elle se mouvait, sans qu'une force l'ait détournée de cette première route.

Je dis que cette force est la puissance attractive de la Terre située en C; que cette puissance, en agissant sur notre satellite pendant le temps dont cet astre a besoin pour se transporter du rayon CA sur le rayon CMT, l'a attiré, l'a fait tomber de la quantité TM, distance, si je puis m'exprimer ainsi, du point de visée T au point M, réellement frappé par le *projectile Lune*.

Démontrer cette proposition, c'est faire les observations et les calculs suivants :

A l'aide d'une opération directe, on détermine l'angle que forme le rayon CA, mené de la Terre à la Lune à une certaine époque, avec le rayon CM, dirigé vers le même astre une seconde de temps après. Le rayon CA, distance de la Lune à la Terre, est connu en lieues ou en mètres. Dès lors il doit être, et il est, en effet, facile de calculer pour l'angle ACM, mesure du déplacement angulaire de la Lune dans l'intervalle d'une seconde, de combien le point T, extrémité de la tangente, est éloigné du point M situé sur le petit quart de cercle AM, c'est-à-dire de quelle fraction de mètre la Lune est tombée vers la Terre en une seconde. Ce calcul donne $0^m.001360$ pour la chute de la Lune.

L'espace que parcourt un corps en une seconde, à Paris, quand il est abandonné à lui-même à la surface de la Terre, quand, en d'autres termes, il est à 1,591 lieues du centre, est de 4m.9. Pour avoir la quantité dont il tomberait si on l'éloignait de ce même centre jusqu'à la région de la Lune, c'est-à-dire à 95,640 lieues (liv. XXI, chap. IX, t. III, p. 401), réduisons le nombre précédent dans le rapport des carrés des distances. Le résultat de ce calcul très-simple se trouve être, avec une étonnante exactitude, la valeur numérique de la quantité MT, telle que nous l'avions déduite de la vitesse de la Lune et des dimensions de son orbite. On trouve, en effet, de cette manière 0m.001352 pour la chute de la Lune vers la Terre en une seconde. Ainsi, c'est bien la force dont nous observons journellement les effets à la surface de la Terre, la force à laquelle la chute des corps graves est due, qui maintient notre satellite dans la courbe qu'il décrit autour du globe. Seulement cette force, comparée à ce qu'elle a d'intensité à la surface de la Terre, s'y montre affaiblie dans le rapport des carrés des distances, et, répétons-le, sans qu'il faille prendre en considération l'état du mouvement de la Lune.

C'est par les calculs que nous venons d'exposer que l'immortel Newton est arrivé à la grande découverte du principe de la gravitation universelle.

Newton était parvenu à démontrer qu'une force attractive émanée d'un point et agissant réciproquement au carré des distances, fait nécessairement décrire au corps qu'elle sollicite une ellipse, ou en général une section cônique dont le point d'où émane la force occupe un des

foyers. Les mouvements produits par une telle force sont-ils exactement pareils aux mouvements planétaires, tant pour la vitesse de chaque point que pour la forme de l'orbite? C'est ce qu'il fallait vérifier, afin que le grand secret du système du monde fût enfin dévoilé. Newton résolut d'essayer cette vérification sur le mouvement de la Lune, qui dans sa courbe mensuelle devait être retenue par une force d'attraction dirigée vers le centre de la Terre. Cette force devait être exactement égale à celle qui fait tomber les corps à la surface de notre globe diminuée dans le rapport du carré des distances. Mais pour exécuter ce calcul si simple, il faut connaître le rayon de la Terre. Or lorsque Newton voulut, en 1665 et 1666, soumettre sa théorie à l'épreuve décisive de l'expérience, les données que l'on possédait sur la grandeur de la Terre étaient si peu exactes, qu'elles lui fournirent une valeur plus grande du sixième que celle assignée d'après le mouvement de circulation de notre satellite. Mais heureusement, en 1669, Picard avait enfin obtenu une valeur extrêmement approchée du degré du méridien (liv. XX, chap. II, t. III, p. 11), et en 1680, les résultats de l'académicien français étant devenus l'objet de l'attention de la Société royale de Londres, Newton eut l'idée de recommencer son calcul sur la quantité dont la Lune tombe vers la Terre en une seconde. Cette fois le calcul s'accorda parfaitement avec cette grande idée de Newton que la pesanteur diminue en raison du carré des distances au centre de notre globe. On rapporte que cet accord mit l'illustre auteur des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* dans une excitation nerveuse si

intense qu'il ne put vérifier son calcul et qu'il fut obligé de confier ce soin à un de ses amis.

L'idée de faire dépendre d'un principe unique tous les phénomènes de l'univers n'était pas nouvelle. On la retrouve dans tous les ouvrages physiques d'Aristote. « Mais, comme le fait remarquer mon ami Alexandre de Humboldt, l'état imparfait de la science, l'ignorance où l'on était à cette époque de la méthode expérimentale, qui consiste à susciter les phénomènes dans des conditions déterminées, ne permettait pas d'embrasser le lien de causalité qui unit ces phénomènes, même en les divisant en groupes peu nombreux. Tout se bornait aux oppositions sans cesse renaissantes du froid et du chaud, de la sécheresse et de l'humidité, de la raréfaction et de la densité primitive, et aux altérations produites dans le monde matériel par une sorte d'antagonisme intérieur, qui rappelle les hypothèses modernes des polarités opposées et le contraste du *plus* et du *moins*. »

Platon a eu de l'attraction universelle une idée moins confuse qu'Aristote, mais le grand philosophe n'a pas saisi l'unité du système du monde. « Il a bien vu, dit M. Th. H. Martin dans son beau travail sur le *Timée*, que le globe terrestre est de tous côtés un centre d'attraction pour les corps pesants qu'on en détache. Il a bien prouvé, contre Anaxagore, qu'aucun hémisphère n'est le haut ou le bas, plutôt que l'hémisphère opposé. Mais, voyant que la flamme se dirige vers le ciel, il n'a pu croire qu'elle fût attirée vers le même centre que l'eau ou les pierres. En conséquence, il admet que les choses de même nature s'attirent mutuellement. » Suivant Platon,

il y a quatre espèces de corps, et pour chacune de ces quatre espèces existe une région particulière où se trouve la masse principale de chacune d'elles, et où toutes les particules de même nature, éparses dans l'univers, tendent à se réunir.

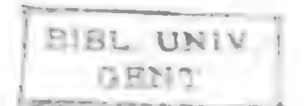
L'idée de symétrie efface l'idée d'attraction chez la plupart des philosophes grecs; les stoïciens, les épicuriens, les péripatéticiens s'accordent à penser que les corps tendent vers le centre du monde, mais ils admettent que les plus légers sont obligés de céder la place aux plus lourds. La belle découverte d'Archimède, qui reconnaît que tout corps plongé dans l'eau perd de son poids une quantité égale au poids d'un volume d'eau égal au sien, ne fait qu'apporter une nouvelle confusion dans l'opinion des philosophes, et Cicéron ne sait pas si la flamme et l'air qui s'élèvent ne sont pas repoussés par les corps les plus lourds ou attirés naturellement vers les régions supérieures. « Quant à Ptolémée, dit M. Th. H. Martin, renouvelant le système de Platon, il soutenait dans son *Traité de la chute des corps*, cité par Simplicius, qu'il y avait quatre régions où la masse de chacun des quatre éléments de la nature tendait à se réunir, que la pesanteur était l'effort produit par cette tendance, et qu'ainsi chaque espèce de corps dans sa région propre, par exemple l'eau dans la mer, était dépourvue de toute tendance au déplacement, c'est-à-dire de toute pesanteur, et il invoquait l'expérience des plongeurs qui ne sentent pas le poids de l'eau. »

Plutarque a introduit dans le système de Platon une heureuse modification. Du principe de l'attraction des

semblables, il conclut que le tout attire la partie ; qu'ainsi la Terre attire les substances terrestres, la Lune les substances lunaires, le Soleil les substances solaires, et de même pour tous les autres corps célestes. Il ne va pas cependant jusqu'à admettre que les corps célestes s'attirent les uns les autres, mais il sent qu'il y a lieu d'examiner pourquoi la Lune ne tombe pas sur la Terre ; je prends la traduction d'Amyot :

« Et toutefois, il y a le mouvement de la Lune qui, en garde qu'elle ne tombe, et la violence de sa révolution, ne plus ne moins que les pierres et cailloux, et tout ce que l'on met dedans une fronde sont empeschés de tomber parce qu'on les tourne violemment en rond. Car chaque corps se meut selon son mouvement naturel, s'il n'y a autre cause qui l'en détourne. C'est pourquoi la Lune ne se meut point selon le mouvement de sa pesanteur, estant son inclination déboutée et empeschée par la violence de sa révolution circulaire. »

L'idée de la gravitation se précise d'âge en âge. Nous venons de voir les idées de Platon et d'Aristote, 400 ans avant notre ère. Au VIe siècle, Simplicius exprime d'une manière générale cette pensée que l'équilibre des corps célestes tient à ce que la force centrifuge a la haute main sur la force qui attire ces corps vers les régions inférieures. Vers le même temps, Jean Philopon, élève d'Ammonius Herméas, attribue le mouvement des planètes à une impulsion primitive et à un effort constant pour tomber. Copernic, au milieu du XVIe siècle, estime que la gravité est une attraction naturelle qui fait de chaque corps céleste un centre agissant sur le reste de



l'univers. C'est là une vue nouvelle, clairement exposée, que bientôt Kepler soumet pour la première fois au calcul. Mais l'illustre auteur des lois des mouvements planétaires ne peut que donner une appréciation inexacte de la gravitation réciproque de la Terre et de la Lune, suivant le rapport de leurs masses. En effet, comme le remarque Delambre, « par une distraction, ou plutôt par une préoccupation difficile à concevoir, Kepler crut que l'attraction devait décroître en raison de la simple distance, quoiqu'il eût solidement établi que l'intensité de la lumière diminue en raison des surfaces sur lesquelles elle se distribue, c'est-à-dire en raison du carré de la distance. » C'est ainsi que Kepler a laissé à Newton la gloire de trouver la cause physique capable de faire parcourir aux planètes des courbes fermées, et de placer dans des forces le principe de la conservation du monde.

CHAPITRE III

DÉTERMINATION DE LA MASSE DU SOLEIL

Avec les notions préalables exposées dans le chapitre précédent, nous pouvons maintenant aborder la question de la détermination de la masse du Soleil comparée à la masse de la Terre. Un astre qui, à la même distance, produirait vers son propre centre, dans la première seconde, une chute double, triple,... centuple, aurait évidemment une masse double, triple,... centuple, de celle de la Terre. La question se trouve donc ramenée à celle-ci : De combien le Soleil, dans l'intervalle d'une

seconde, fait-il tomber vers son centre un corps qui en est éloigné autant que notre globe? Or, cette dernière question qui, au premier aspect, doit sembler inabordable, puisque nous ne pouvons pas nous transporter à la surface du Soleil pour y faire l'expérience de la chute des graves, trouve sa solution directe, immédiate, dans les circonstances du mouvement annuel de la Terre. En vertu de ce mouvement, notre globe décrit autour du Soleil, en 365 jours 1/4, une courbe presque circulaire dont le rayon est supérieur à 38 millions de lieues (liv. xx, chap. xxx, t. III, p. 368). Divisons les 360 degrés que cette circonférence de cercle renferme, par le nombre de secondes de temps contenues dans 365 jours 1/4. Le quotient sera la très-petite fraction de degré que la Terre parcourt sur son orbite en une seconde de temps. Reportons-nous maintenant à la figure 305, donnée à la page 7. Supposons le Soleil en C, la Terre en A; faisons l'angle ACM égal au déplacement angulaire qu'éprouve la Terre en une seconde, le rayon de l'orbite CA de 38 millions, et nous pourrons aisément calculer, en fractions de lieues ou en mètres, la quantité TM, dont le Soleil, par sa force attractive, fait tomber la Terre en une seconde. Tout à l'heure nous avons donné cette quantité pour notre globe. Nous savons qu'il fait tomber un corps de $4^{m}.9$ en une seconde, lorsque ce corps est distant de son centre de 1,600 lieues en nombre rond; nous calculerons facilement, d'après la loi des carrés des distances, de combien il ferait tomber, dans le même intervalle de temps, un corps qui serait à 38 millions de lieues de distance. Les distances étant égales dans les deux cas, les chutes doi-

vent être proportionnelles aux masses. En cherchant par une simple division combien de fois la chute vers la Terre est contenue dans la chute vers le Soleil, on saura donc combien il faudrait de globes terrestres pour faire une masse égale à celle de l'astre qui nous éclaire. C'est ainsi, du moins quant au fond si ce n'est dans la forme, qu'on a trouvé le nombre 354,936, cité déjà à la page 1 de ce livre.

Quels éléments avons-nous employés pour arriver à ce résultat? la quantité de mouvement angulaire de notre globe autour du Soleil, dans une seconde de temps, et la valeur en lieues du rayon de l'orbite terrestre; pas davantage. Mais nous connaissions les lois de la pesanteur universelle qui s'exerce proportionnellement aux masses qui s'attirent et en raison inverse du carré des distances. Sans la grande découverte de Newton, de pareils problèmes ne pouvaient pas même être posés. J'ai déjà fait voir (liv. X, chap. XIV et XV, t. I, p. 471 à 475) que l'observation des mouvements des étoiles doubles prouve l'universalité de l'attraction newtonienne, et que l'on pourra calculer comme nous venons de le faire pour le Soleil, la masse des étoiles dont les mouvements relatifs seront connus.

CHAPITRE IV

PERTURBATIONS DU MOUVEMENT DES PLANÈTES

Lorsqu'on considère une planète gravitant vers le centre du Soleil, elle obéit strictement aux lois de Kepler, et les principes de mécanique développés par Newton dans les

premiers chapitres de son immortel ouvrage rendent compte de tous les mouvements de sa marche. L'attraction proportionnelle aux masses, inverse aux carrés des distances, donne une solution complète des mouvements célestes de deux astres qui s'attirent l'un l'autre : chaque planète décrit avec une grande exactitude l'ellipse de Kepler autour du Soleil, qui en occupe un des foyers; le rayon vecteur qui joint la planète au Soleil parcourt des surfaces proportionnelles au temps; enfin le carré du temps de la révolution d'une première planète est au carré du temps de la révolution d'une seconde planète, comme le cube de la distance de la première planète au Soleil est au cube de la distance de la seconde au même astre (liv. XVI, chap. VI, t. II, p. 219). Mais Newton ne s'est pas arrêté là. Il a donné à sa grande découverte une généralité que les lois de Kepler ne commandaient pas. Il a imaginé que les diverses planètes étaient non-seulement attirées par le Soleil, mais encore qu'elles s'attiraient réciproquement. Par cette grande pensée, Newton plaça au milieu des espaces célestes des causes qui devaient inévitablement troubler une harmonie qu'on s'était trop hâté de regarder comme parfaite. Les astronomes purent voir alors du premier coup d'œil que dans aucune région du monde, voisine ou éloignée, les courbes, les lois kepleriennes ne suffiraient à la représentation exacte des phénomènes; que les mouvements simples, réguliers, dont les imaginations anciennes s'étaient complu à doter les astres, éprouveraient des *perturbations* nombreuses, considérables, perpétuellement changeantes.

En effet, si au lieu de considérer l'attraction de deux

corps l'un sur l'autre, si au lieu de deux corps on en prend trois, on voit l'attraction du nouveau corps augmenter ici, diminuer là les dimensions de l'orbite elliptique ; en certains points la nouvelle force agit dans le sens même où l'astre se déplace, et le mouvement devient plus rapide ; ailleurs l'effet est inverse. L'ellipse de Kepler ne paraît plus qu'une approximation grossière de l'orbite réelle de chaque planète. Les apparences du désordre succèdent à une marche simple, régulière, sur laquelle l'esprit se reposait avec complaisance.

Newton eut la gloire de prévoir plusieurs des perturbations planétaires, d'en assigner le sens, et parfois la valeur numérique. Cependant le livre des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* n'offrit qu'une ébauche sublime des mouvements réels des astres. Il fallut des prodiges d'analyse mathématique pour que l'ébauche se transformât en un tableau complet. L'incomparable sagacité de Newton ne pouvait suppléer aux découvertes futures de la géométrie, aux travaux immenses que durent accomplir Clairaut, Euler, d'Alembert, Lagrange et Laplace, les cinq géomètres illustres qui se partagèrent le monde dont l'immortel auteur des *Principes* avait révélé l'existence. Le problème des trois corps, c'est le nom sous lequel il est devenu célèbre, le problème de déterminer la marche d'un astre soumis à l'action attractive de deux autres astres, a été résolu, pour la première fois, par notre compatriote Clairaut.

Les perturbations du mouvement elliptique des planètes peuvent être partagées en deux classes distinctes : les unes affectent les éléments des orbites et changent

avec une extrême lenteur; on les a nommées *inégalités séculaires* : ce sont celles que nous avons déjà indiquées précédemment (liv. XVI, chap. XI, t. II, p. 259). Les autres perturbations dépendent de la configuration des planètes, soit entre elles, soit à l'égard de leurs nœuds et de leurs périhélies, et se rétablissent toutes les fois que ces configurations redeviennent les mêmes; elles ont été nommées *inégalités périodiques*, pour les distinguer des inégalités séculaires que cependant Laplace a démontrées être également périodiques, mais dont les périodes beaucoup plus longues sont indépendantes de la configuration mutuelle des planètes, selon la magnifique théorie donnée par l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* et de *l'Exposition du système du monde*.

« La manière la plus simple, dit Laplace, d'envisager les diverses perturbations consiste à imaginer une planète mue conformément aux lois du mouvement elliptique, sur une ellipse dont les éléments varient par des nuances insensibles, et à concevoir en même temps que la vraie planète oscille autour de cette planète fictive, dans un très-petit orbe dont la nature dépend de ses perturbations périodiques. »

Cette simple vue donne une idée nette des deux sortes d'inégalités considérées par les astronomes et les géomètres.

La connaissance des inégalités séculaires est due surtout aux travaux de Newton et d'Euler. Les excentricités des ellipses planétaires sont variables, c'est-à-dire que ces ellipses s'approchent ou s'éloignent insensiblement de la forme circulaire. Les inclinaisons des ellipses sur l'éclip-

tique ou sur un plan fixe, augmentent ou diminuent; les périhélies et les nœuds sont en mouvement. Les faibles valeurs de toutes ces variations, en s'ajoutant à la suite des siècles, doivent-elles amener un changement dans le système du monde tel qu'il nous est apparu? Cette pensée décourageante s'empara de Newton; l'immortel auteur des *Principes* douta de son œuvre; il alla jusqu'à supposer que le système planétaire ne renfermait pas en lui-même des éléments de conservation indéfinie; il croyait qu'une main puissante devait intervenir de temps à autre pour réparer le désordre. Euler, quoique plus avancé que Newton dans la connaissance des perturbations planétaires, n'admettait pas non plus que le système solaire fût constitué de manière à durer éternellement. Jamais plus grande question philosophique ne s'était offerte à la curiosité des hommes. Laplace l'aborda avec hardiesse, constance et bonheur. Il fit sortir de sa savante analyse cette vérité qui garantit la conservation du système solaire : le grand axe de chaque orbite et par suite, en vertu de la troisième loi de Kepler, la durée de la révolution de chaque planète est une quantité constante ou qui du moins n'est sujette qu'à de petits changements périodiques. Cette importante conséquence de l'analyse qui entraîne la constance des moyens mouvements des planètes, provient de ce que les orbites planétaires ont une faible ellipticité et occupent des plans peu inclinés les uns sur les autres. C'est en 1773 que l'illustre géomètre en donna la démonstration. Lagrange et Poisson la perfectionnèrent plus tard en faisant voir qu'elle n'était pas soumise aux restrictions que Laplace n'avait pas pu fran-

chir. Il est donc bien établi que l'attraction mutuelle des planètes ne peut rien changer à l'ordonnance actuelle du monde planétaire.

Après le premier Mémoire de Laplace, il restait encore plusieurs questions intéressantes qu'il a résolues également de la manière la plus heureuse, en 1784. Voici comment il résume lui-même, dans l'*Exposition du système du monde*, ce nouveau travail : « Les ellipses planétaires ont-elles toujours été et seront-elles toujours à peu près circulaires? Quelques-unes des planètes n'ont-elles pas été originairement des comètes dont les orbes ont peu à peu approché du cercle, par l'attraction des autres planètes? La diminution de l'obliquité de l'écliptique continuera-t-elle au point de faire coïncider l'écliptique avec l'équateur, ce qui produirait l'égalité constante des jours et des nuits sur toute la Terre? L'analyse répond à ces questions d'une manière satisfaisante. Je suis parvenu à démontrer que, quelles que soient les masses des planètes, par cela seul qu'elles se meuvent toutes dans le même sens, et dans des orbes peu excentriques et peu inclinés les uns aux autres, leurs inégalités séculaires sont périodiques et renfermées dans d'étroites limites, en sorte que le système planétaire ne fait qu'osciller autour d'un état moyen dont il ne s'écarte jamais que d'une très-petite quantité. Les ellipses des planètes ont donc toujours été et seront toujours presque circulaires; d'où il suit qu'aucune planète n'a été primitivement une comète, du moins si l'on n'a égard qu'à l'action mutuelle des corps du système planétaire. L'écliptique ne coïncidera jamais avec l'équateur, et l'étendue entière des varia-

tions de son inclinaison ne peut pas excéder trois degrés. »

Les magnifiques travaux de Laplace dont je viens de rendre compte ne permettaient plus, du moins dans notre système solaire, de considérer l'attraction newtonienne comme une cause de désordre; mais était-il impossible que d'autres forces se mêlassent à celle-là et produisissent les perturbations graduellement croissantes que Newton et Euler redoutaient? Des faits positifs semblaient justifier ces craintes.

Les observations anciennes, comparées aux observations modernes, dévoilaient une accélération continuelle dans le mouvement de Jupiter, une diminution non moins manifeste dans le mouvement de Saturne. De ces variations résultaient les plus étranges conséquences.

D'après les causes présumées de ces perturbations, dire d'un astre que sa vitesse augmentait de siècle en siècle, c'était déclarer en termes équivalents qu'il se rapprochait du centre du mouvement. L'astre, au contraire, s'éloignait de ce même centre, quand sa vitesse se ralentissait.

Ainsi, chose singulière, notre système planétaire semblait destiné à perdre Saturne, son plus mystérieux ornement; à voir cette planète, accompagnée de l'anneau et des huit satellites, s'enfoncer graduellement dans les régions inconnues où l'œil armé des plus puissants télescopes n'a jamais pénétré. Jupiter, d'autre part, ce globe à côté duquel le nôtre est si peu de chose, serait allé, par une marche inverse, s'engloutir dans la matière incandescente du Soleil.

Rien de douteux, de systématique n'entrait dans ces

prévisions sinistres. L'incertitude ne pouvait rouler que sur les dates précises de ces catastrophes. On savait cependant qu'elles seraient fort éloignées; aussi, ni les dissertations techniques, ni les descriptions animées de certains poëtes, n'intéressèrent le public.

Il n'en fut pas ainsi des sociétés savantes: là on voyait avec douleur notre système planétaire marcher à sa ruine. L'Académie des sciences appela sur ces menaçantes perturbations l'attention des géomètres de tous les pays. Euler, Lagrange, descendirent dans l'arène. Jamais leur génie mathématique ne jeta un plus vif éclat; toutefois, la question resta indécise. L'inutilité de pareils efforts semblait ne laisser de place qu'à la résignation, lorsque de deux coins obscurs, dédaignés des théories analytiques, l'auteur du traité de la *Mécanique céleste* fit surgir clairement les lois de ces grands phénomènes.

L'analyse mathématique n'est pas parvenue à représenter en termes finis la valeur des dérangements que chaque planète éprouve dans sa marche par l'action de toutes les autres. Cette valeur se présente, dans l'état actuel de la science, sous la forme d'une série indéfinie de termes, qui diminuent rapidement de grandeur à mesure qu'ils s'éloignent des premiers. Dans le calcul, on néglige ceux de ces termes qui, par leur rang, correspondent à des quantités au-dessous des erreurs d'observation; mais il est des cas où le rang, dans la série, ne décide pas seul si un terme sera petit ou grand : certains rapports numériques entre les éléments primitifs des planètes troublantes et troublées, peuvent donner à des termes, ordinairement négligeables, des valeurs sensi-

bles. Ce cas se rencontre dans les perturbations de Saturne provenant de Jupiter, et dans les perturbations de Jupiter provenant de Saturne. Il existe entre les moyennes vitesses de ces deux grosses planètes, des rapports commensurables simples : cinq fois la vitesse de Saturne égale, à très-peu près, deux fois la vitesse de Jupiter; des termes qui, sans cette circonstance, eussent été fort petits, acquièrent des valeurs considérables. De là résultent, dans les mouvements des deux astres, des inégalités à longue période, des perturbations dont le développement complet exige plus de 900 ans, et qui représentent à merveille toutes les bizarreries dévoilées par les observateurs.

N'est-on pas étonné de trouver dans la commensurabilité des mouvements de deux planètes, une cause de perturbation si influente; de voir dépendre de cette rencontre numérique : « cinq fois le mouvement de Saturne est à peu près égal à deux fois le mouvement de Jupiter », la solution définitive d'une difficulté immense dont le génie d'Euler n'avait pas su triompher, et qui faisait douter que la pesanteur universelle suffît à l'explication des phénomènes du firmament? La finesse de la conception et le résultat sont ici également dignes d'admiration.

Nous verrons plus loin l'observation des perturbations de la planète Uranus, quoique cette planète ne soit connue que depuis soixante ans seulement, donner la preuve de l'existence d'une planète troublante, et servir à faire, par un autre effort non moins remarquable de l'analyse mathématique, la découverte de la planète Neptune.

CHAPITRE V

PERTURBATIONS DU MOUVEMENT DES COMÈTES

En faisant l'histoire des comètes périodiques, nous avons dit que l'action planétaire produisait dans leurs mouvements des inégalités qui étaient principalement sensibles parce qu'elles introduisaient des différences considérables pour les retours à leurs périhélies, entre les intervalles observés et les intervalles calculés, en tenant compte seulement de leurs éléments elliptiques, selon les lois de Kepler. C'est ainsi que pour la comète de Halley (liv. XVII, chap. VI, t. II, p. 286) l'action des planètes troublantes fait varier de plus d'un an la durée de la révolution calculée d'après la seule valeur des éléments elliptiques. Il est du reste facile de comprendre d'après les lois de Newton, pourquoi les orbites des comètes sont considérablement modifiées par l'attraction des corps dans le voisinage desquels elles passent, et pourquoi au contraire elles n'introduisent aucun changement appréciable dans la marche des planètes. Cela vient uniquement de la petitesse relative des masses cométaires (liv. XVII, chap. XXXI, t. II, p. 442). La comète de Lexell ou de 1770 qui présente ce singulier phénomène d'avoir eu une orbite elliptique exigeant une très-courte période sans qu'on ait pu cependant la retrouver, a été du reste l'occasion d'un triomphe complet pour la théorie de l'attraction universelle (liv. XVII, chap. XI, t. II, p. 306). Pourquoi cette comète dont la révolution calculée d'après

les éléments elliptiques de son orbite est de 5 ans et demi, n'a-t-elle pas été vue avant 1770, et pourquoi ne l'a-t-on pas aperçue depuis cette époque?

Lexell remarquait déjà que, d'après ses éléments de 1770, la comète dut passer dans le voisinage de Jupiter, en 1767, à moins de la cinquante-huitième partie de la distance qui alors la séparait du Soleil; qu'en 1779, quand elle revenait à nous, elle se trouva, vers la fin d'août, environ 500 fois plus près de cette même planète que du Soleil, en sorte qu'alors, malgré les immenses dimensions du globe solaire, son action attractive sur la comète n'était pas la deux-centième partie de celle de Jupiter. Ainsi, on ne pouvait douter que la comète n'eût éprouvé des perturbations considérables en 1767 et en 1779; mais il fallait encore établir que les perturbations avaient été numériquement assez fortes pour expliquer le manque total d'observations tant avant qu'après 1770.

Les formules du quatrième volume de la *Mécanique céleste* donnent la solution analytique du problème dont voici l'énoncé : L'orbite elliptique actuelle d'une comète étant connue, qu'était cette orbite auparavant? Que deviendra-t-elle après, en tenant compte dans l'un et dans l'autre cas, de l'action troublante des planètes de notre système?

En traduisant ces formules en nombres; en substituant aux lettres indéterminées qu'elles renferment, les éléments particuliers de la comète de 1770, on découvre d'abord qu'en 1767, avant que cet astre s'approchât de Jupiter, son orbite elliptique correspondait non à cinq, mais à cinquante ans de révolution autour du Soleil. On

trouve ensuite, qu'en 1779, à sa sortie de la sphère d'attraction de la même planète, la comète décrivait une orbite dont le contour ne pouvait pas être parcouru en moins de vingt ans. Il résulte aussi de ces calculs, qu'avant 1767, pendant toute la durée de sa révolution, la distance de la comète au Soleil ne fut jamais au-dessous de 194 millions de lieues, et qu'après 1779, ce minimum de distance se réduisit à 128 millions de lieues. C'était encore trop pour que l'astre pût être aperçu de la Terre.

Quelque singulier que cela paraisse, nous sommes donc pleinement autorisés à dire de la comète de Lexell, qu'en 1767, l'action de Jupiter nous la donna, et que la même action, produisant un effet inverse, nous la déroba en 1779.

CHAPITRE VI

DE L'ÉTHER

Les calculs dont nous venons d'exposer les bases dans les chapitres précédents sur les perturbations des mouvements planétaires et cométaires, supposent que les astres se meuvent dans le vide; ils ne tiennent aucun compte de la matière éthérée qui remplit l'univers et dont les vibrations constituent la lumière. Tout milieu matériel tend à diminuer les dimensions de l'orbite parcouru par un corps qui le traverse; mathématiquement parlant, si l'on ne parvient pas à trouver une cause compensatrice de la résistance éprouvée, il sera établi qu'après un laps de temps suffisant, composé peut-être de plusieurs milliards d'années, la Terre, par exemple, ira se réunir au

Soleil. La recherche de la cause compensatrice, si elle existe, est bien digne de fixer l'attention des géomètres. Dans tous les cas, il est facile de comprendre pourquoi on n'aperçoit pas, quant à présent, d'effet appréciable sur les planètes, tandis que la marche des comètes en est affectée d'une manière sensible. Cela provient encore de ce que les planètes ont une assez forte densité. Les comètes peuvent être, au contraire, notablement retardées dans leur marche. Pour sentir la justesse de la distinction que je fais ici quant aux phénomènes de résistance entre les corps denses et rares, on n'a qu'à comparer les distances, si dissemblables, que franchissent dans l'air, des balles de plomb, de liége ou d'édredon, lorsque, projetées d'un canon de fusil par des poids égaux de poudre, elles avaient cependant reçu les mêmes vitesses initiales.

En déterminant théoriquement l'orbite de la comète à courte période (liv. XVII, chap. VII, t. II, p. 287), M. Encke a tenu un compte scrupuleux des dérangements qu'elle devait éprouver par l'action des planètes. Néanmoins, dans chacune de ses apparitions, le calcul et l'observation présentèrent, toujours dans le même sens, des différences évidemment supérieures aux erreurs possibles des mesures.

La cause de ces discordances ne paraît pouvoir être que la résistance de l'éther. En effet, les deux seuls éléments de l'orbite qui, d'une révolution à la suivante, n'éprouvent pas de changement, sont l'inclinaison et la position du nœud. Cette invariabilité est une suite inévitable de notre hypothèse, car la résistance d'un gaz, quelque diminution qu'elle fasse subir à la vitesse d'un

corps, ne saurait détourner ce corps ni à droite ni à gauche, ni conséquemment l'entraîner à se mouvoir hors du plan primitif de son orbite.

L'effet de la résistance de l'éther sur la durée totale de cinq révolutions de la comète à courte période, s'élève actuellement, d'après les recherches de M. Encke, à environ deux jours. Si cette influence, comme on doit le croire, est du même ordre pour les autres comètes périodiques, il n'y aura aucune modification essentielle à faire dans les résultats auxquels nous sommes arrivés relativement à la marche des astres chevelus. J'aurais donc pu me dispenser de signaler ici ce nouveau genre de perturbation. Si j'en ai parlé, c'est parce que des esprits inquiets se sont emparés de cette résistance de l'éther, encore très-peu étudiée, pour en conclure qu'on ne pouvait prédire avec certitude le moment du passage d'une comète par le plan de l'écliptique, et qu'ainsi on ne devait pas accorder une confiance absolue à tout ce qui a été dit de rassurant sur la marche de la comète de six ans trois quarts ou de Gambart (liv. XVII, chap. VIII, t. II, p. 292). Voici l'objection développée et dans toute sa force.

La comète, se mouvant dans le vide, arriverait en un certain point de l'orbite terrestre 31 jours avant la Terre. Mais l'effet naturel d'une résistance doit être de retarder; la comète, se mouvant dans l'éther, se trouvera donc au point de l'orbite dont il s'agit, plus tard qu'on ne l'avait d'abord indiqué. Ainsi, il est déjà permis d'affirmer que sa plus petite distance à la Terre sera moindre que ne la donnait le calcul. Il est vrai qu'on ne pourrait pas dire à combien se montera cette diminution ; mais serait-il donc

impossible que, dans certains états physiques de la comète, le retard provenant de la résistance éthérée fût d'un mois entier sur la durée totale de la révolution? Les astronomes jusqu'ici n'ont donné, sur cet objet, que des probabilités, et il reste encore à démontrer que la Terre ne peut pas recevoir un choc violent.

Je manquerais le but que je me suis proposé en rédigeant ce chapitre, si je laissais sans réponse des difficultés qui se présentent d'une manière qu'on pourrait trouver spécieuse. Heureusement peu de mots suffiront pour montrer qu'elles reposent sur une erreur de fait incontestable.

Considérons la comète d'Encke dans sa propre orbite, et reconnaissons de nouveau, sans détour, que la position calculée dans l'hypothèse du vide et la position observée ne coïncident pas parfaitement. Mais voyons dans quel sens se manifeste la différence? D'après l'objection, la position réelle serait moins avancée que la position calculée. Eh bien, c'est tout l'opposé qui a lieu : pendant les apparitions observées la comète réelle à courte période a toujours précédé dans le sens de son mouvement (qu'on me pardonne cette expression) la comète théorique.

Il ne saurait donc plus être question, quant à la comète de six ans trois quarts, d'un passage par le plan de l'écliptique qui s'opérerait plus tard que le premier calcul ne l'a donné. Une action de résistance analogue à celle que la comète à courte période a subie, hâterait l'arrivée au nœud, et le minimum de distance de l'astre à la Terre grandirait en proportion.

Cette seule remarque suffit pour réduire au néant les

objections que je m'étais proposé de discuter. Il ne me reste plus qu'à faire entrevoir comment une accélération dans le mouvement de la comète, peut être le résultat d'une résistance.

Je conviens d'abord qu'au premier coup d'œil, une pareille accélération doit paraître assez étrange, et que ce qui résiste semblerait seulement propre à retarder. La difficulté disparaît, toutefois, dès qu'on remarque que le résultat immédiat de l'action d'un milieu résistant sur un astre qui le traverse, étant une diminution dans sa vitesse tangentielle, ou, ce qui est la même chose, dans ce qu'on est convenu d'appeler la force centrifuge, c'est précisément comme si la puissance attractive du Soleil augmentait. L'effet nécessaire de cet accroissement de puissance sera toujours un rapprochement de l'astre et du Soleil, une diminution dans les dimensions de l'orbite primitive. Mais le lecteur sait que les vitesses et les distances de tous les astres de notre système, se trouvent liées entre elles par un des trois grands principes astronomiques connus sous le nom de lois de Kepler ; que les carrés des temps des révolutions sont entre eux comme les cubes des grands axes des ellipses parcourues. Cette loi emporte la conséquence que les planètes et les comètes se meuvent d'autant plus vite qu'elles sont plus près du Soleil.

En y songeant bien, on reconnaîtra que la difficulté sur laquelle nous venons de nous arrêter, provenait de ce que chacun, dans sa pensée intime et sans peut-être s'en rendre compte, supposait l'orbite de l'astre invariable. Il est bien certain qu'un corps astreint à parcourir une

certaine courbe en vertu d'une impulsion primitive, se mouvrait plus vite dans le vide que dans une matière gazeuse; mais un pareil corps ne peut pas être assimilé à une comète, car celle-ci, dès qu'elle éprouve quelque résistance, change de route. Que peut-il donc y avoir d'extraordinaire à ce qu'alors elle arrive plus tôt? C'est encore ici le cas d'appliquer la remarque de Fontenelle, que « quand une chose peut être de deux façons, elle est presque toujours de celle qui d'abord semble la moins naturelle. »

CHAPITRE VII

MASSES DES PLANÈTES

Nous avons précédemment fait voir (chap. III, p. 14) comment les lois de l'attraction universelle permettent de déterminer facilement la masse du Soleil. Un calcul analogue à celui que nous avons exposé nous fournira la masse de Jupiter, ou, en général, celle d'une planète ayant un satellite. Supposons que le satellite, comparé à la planète, puisse être regardé comme une simple molécule matérielle. Connaissant les dimensions de l'orbite, on saura quelle est la quantité dont le satellite tombe vers la planète en une seconde de temps, résultat d'où l'on pourra aisément déduire la quantité dont le satellite tombe vers le Soleil en une seconde de temps. Mais cette dernière quantité peut aussi se déduire facilement des circonstances du mouvement de la planète autour du Soleil. La comparaison des deux nombres ainsi obtenus fera connaître le rapport de la masse du Soleil à celle de Jupiter.

En opérant de même sur les satellites d'Uranus, et en négligeant la masse d'un satellite comparée à celle de la planète et la masse de la planète comparée à celle du Soleil, on déterminerait le rapport qui existe entre la masse d'Uranus et celle du Soleil.

Les mêmes raisonnements peuvent s'appliquer à Uranus et à Neptune.

Pour les planètes qui n'ont pas de satellites, on détermine leurs masses d'après les perturbations qu'elles produisent ou qu'elles supportent. On comprend que l'observation de la marche réelle de Mars et de Vénus, par exemple, comparée avec la marche calculée d'après le mouvement elliptique, donne des valeurs qui introduites dans les formules où on fait entrer l'attraction exercée par les corps voisins, permettent de calculer les masses troublantes. D'un autre côté on comprend aussi que les perturbations causées par Mercure sur la marche d'une comète périodique, telle que celle d'Encke, aient pu conduire à calculer la masse de cette planète.

Ces diverses méthodes servent, du reste, à donner des vérifications des valeurs déjà obtenues, et leur emploi simultané conduit à des perfectionnements des déterminations cherchées. On doit concevoir d'ailleurs qu'elles s'appliquent à la Lune et que les perturbations causées par notre globe et celles que subit son mouvement sont calculées par les mêmes théories.

Le lecteur a sous les yeux, dans les lignes précédentes, les principes des procédés employés par les astronomes pour peser les corps du système solaire. On est arrivé aux résultats suivants :

			Masses le Soleil étant 1.	Masses la Terre étant 1.
Mercure	☿	....	$\frac{1}{4,865,751}$	$\frac{1}{13}$
Vénus	♀	....	$\frac{1}{401,847}$	$\frac{9}{10}$
La Terre	♁	....	$\frac{1}{354,936}$	1
Mars	♂	....	$\frac{1}{2,680,337}$	$\frac{1}{8}$
Jupiter	♃	....	$\frac{1}{1,050}$	338
Saturne	♄	....	$\frac{1}{3,500}$	101
Uranus	♅	....	$\frac{1}{24,000}$	15
Neptune	♆	....	$\frac{1}{17,000}$	21
Le Soleil	☉	....	1	354,936
La Lune	☾	....	$\frac{1}{354,936 \times 88}$	$\frac{1}{88}$

Quant aux nombreuses petites planètes placées entre Mars et Jupiter, on sait seulement que leurs masses sont très-petites.

On voit que les corps de notre système se présentent dans l'ordre suivant en commençant par ceux qui ont la plus grande masse : le Soleil, Jupiter, Saturne, Neptune, Uranus, la Terre, Vénus, Mars, Mercure, la Lune.

CHAPITRE VIII

DENSITÉ DE LA TERRE

Les masses des planètes déterminées suivant les méthodes exposées dans le chapitre précédent, ne nous présentent que des rapports entre les grands corps du système solaire, sans nous donner aucune idée de ce qu'elles peuvent être par rapport aux masses des corps

que nous avons sous la main. On sait que, pour comparer les unes aux autres les masses des différents corps qu'on rencontre à la surface de notre globe, on est convenu de les rapporter à la masse, c'est-à-dire au nombre de points matériels du même volume d'eau. La masse d'un centimètre cube d'eau considérée à la température de son maximum de condensation, ou de 4 degrés centigrades, est ce qu'on appelle l'unité des densités. La densité d'un corps quelconque est le rapport de la masse d'un centimètre cube de ce corps à celle d'un centimètre cube d'eau. Le problème que les physiciens et les astronomes se proposent, en cherchant la densité de la Terre, est en conséquence de trouver le rapport de la masse d'un centimètre cube moyen de la Terre à celle d'un centimètre cube d'eau. Ce problème a été résolu par Cavendish, à l'aide d'une série remarquable d'expériences faites avec une balance que nous allons décrire. Cavendish a admis que les lois de l'attraction universelle sont applicables à tous les corps terrestres. Or on connaît l'action exercée par la Terre sur une petite balle de plomb, qui, en un lieu donné, est distante du centre de la Terre d'une longueur donnée par le calcul ; cette action, en effet, est mesurée par le poids de la balle de plomb, poids obtenu par une balance ordinaire. Si donc on peut mesurer à l'aide d'une balance spéciale l'action d'une grosse boule de plomb sur la même petite balle, lorsque les centres des deux boules de plomb sont à une distance connue, il est évident que, comme on sait que les attractions sont proportionnelles aux masses, et en raison inverse du carré des distances, on aura une

relation dans laquelle le rapport des masses de la Terre et de la grande boule sera seul inconnu. La résolution de cette question donne immédiatement ce rapport d'où on déduit la densité moyenne de la Terre, puisqu'on connaît la densité du plomb. Telle est la méthode dont s'est servi Cavendish en modifiant un appareil qui avait été imaginé dans le même but par un physicien nommé Michell, mort avant d'avoir pu mener à bonne fin les expériences qu'il avait projetées.

La figure 306 représente la coupe verticale, et la

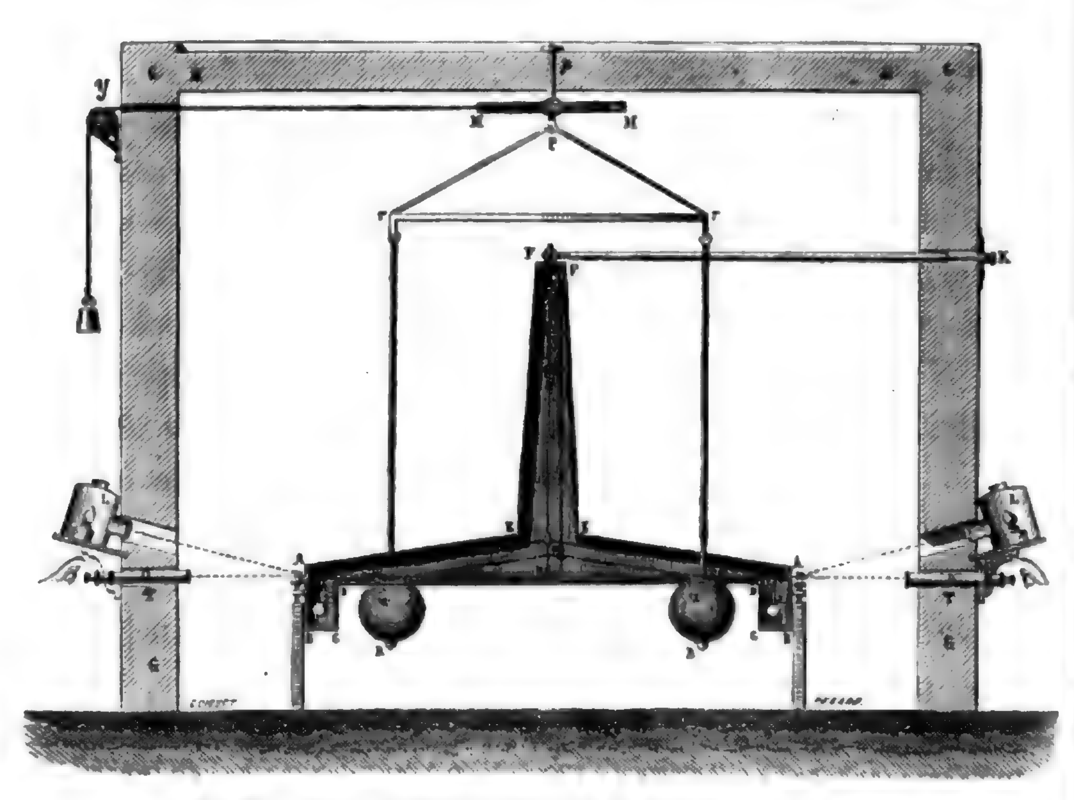


Fig. 306. — Coupe verticale de l'appareil de Cavendish pour la mesure de la densité moyenne de la Terre.

figure 307 le plan de l'appareil de Cavendish. Deux petites boules de plomb xx sont suspendues aux extré-

mités d'un levier horizontal *hh*, formé d'une planchette légère. Ce levier est supporté en son milieu *m* par un fil d'argent *gl*, et pour qu'il ne fléchisse pas sous l'action des boules *xx*, deux fils d'argent obliques *hg*, *hg* le fortifient. Afin que ce système ne soit pas influencé par les agitations de l'air, il est renfermé dans une boîte légère ABC DDC BAE · FFE ; cette boîte est montée sur quatre supports *ssss* à l'aide d'écrous destinés à lui donner une position horizontale.

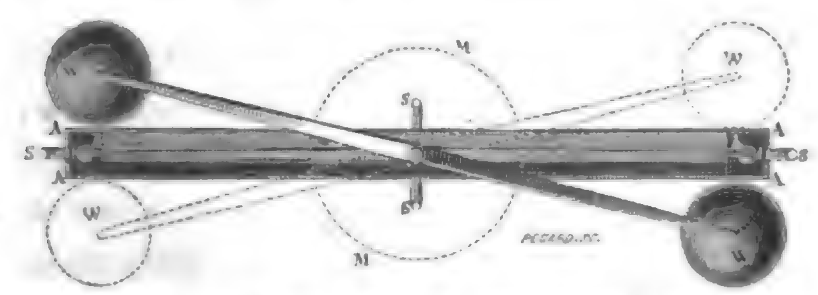


Fig. 307. — Plan de l'appareil de Cavendish pour la mesure de la densité moyenne de la Terre.

Deux grosses boules de plomb WW sont portées par deux tiges de cuivre *r*R, *r*R; celles-ci sont maintenues par la barre en bois *rr* et suspendues, par une tige à boulon P*p*, à la poutre HH verticalement au-dessus du centre de l'appareil. La poutre HH repose sur les murs GG qui forment l'enveloppe générale de la balance. La tige boulonnée P*p* est concentrique avec une poulie horizontale MM sur la gorge de laquelle sont enroulés deux cordons qui passent à travers deux ouvertures pratiquées dans les murs de la grande chambre, et qui, après s'être enroulés sur des poulies verticales *y*, sont tendus par de petits poids. Il suffit de tirer l'un de ces cordons pour donner un mouvement de rotation à la poulie MM,

et pour amener par conséquent les boules WW à telle position qu'on désire dans l'appareil par rapport aux boules *xx*.

On commence par mettre le levier *hh* au milieu de la petite boîte, en faisant mouvoir le bouton K qui est placé à l'une des extrémités d'une tige horizontale KE; cette tige est, à son autre extrémité, en communication avec le fil d'argent vertical *lg*. On conçoit qu'on est maître de donner au levier *hh* la position voulue, sans que le fil d'argent ait aucune torsion. En ce moment les boules WW doivent être dans un plan perpendiculaire au levier *hh*; elles n'exercent alors aucune influence sur les boules *xx*. Mais si on amène les boules WW à une petite distance des boules *xx*, ainsi qu'on le voit dans la figure 307, elles attirent ces dernières qui ne peuvent se déplacer qu'en faisant subir au fil *lg* une torsion croissante qui finit par équilibrer l'attraction réciproque des boules de plomb. En observant avec les lunettes TT, on peut voir passer devant le fil du réticule les divisions de deux petites règles *nn* éclairées par les lampes LL. Il suffit alors d'amener les boules WW dans une position *ww* inverse et symétrique de celle qu'on leur a d'abord donnée, pour qu on lise un angle double de la déviation produite.

Une fois ce résultat obtenu, on enlève le système des grosses boules WW; on dérange le levier *hh* de sa position d'équilibre, et on l'abandonne à lui-même de manière à le faire osciller de part et d'autre de cette position. Les oscillations sont déterminées par la force de torsion, et leur durée est dans un rapport connu avec cette force qui est ainsi déterminée. Or c'est cette force de torsion qui

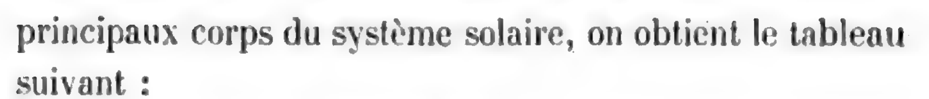
précédemment faisait équilibre à l'attraction réciproque des boules de plomb W et x. Cette attraction est dès lors connue et sa comparaison à celle exercée par la Terre sur la boule x, donne, comme nous l'avons expliqué plus haut, la densité cherchée.

Nous n'avons pas besoin de dire que Cavendish a eu soin de corriger les causes d'erreur provenant de la résistance du levier au mouvement, de l'attraction exercée sur les masses par le levier lui-même, de l'attraction des verges de cuivre et de la cage sur les masses, etc. Par un grand nombre d'expériences fort concordantes, il a trouvé que la densité moyenne de la Terre est 5.448; celle de l'eau était 1. Des expériences analogues ont été faites plus tard à Freyberg par M. Reich et elles ont conduit au nombre 5.4383 qui ne diffère de celui de Cavendish que dans la limite des erreurs que comportent des observations aussi délicates.

CHAPITRE IX

DENSITÉS DES PLANÈTES

Nous avons fait voir précédemment en parlant de Mercure (liv. XVIII, chap. IV, t. II, p. 499), de Vénus (liv. XIX, chap. IV, t. II, p. 514), de la Lune (liv. XXI, chap. IX, t. III, p. 402), comment, de la connaissance des diamètres des astres et de leurs distances à la Terre, on peut conclure les nombres qui représentent leurs volumes comparés au volume de la Terre pris pour unité. En résumant ici les divers résultats obtenus pour les



principaux corps du système solaire, on obtient le tableau suivant :

		Diamètres réels, celui de la Terre étant 1.	Volumes, le volume de la Terre étant 1.
Mercure	☿	0.391	0.060 ou $\frac{1}{16.7}$
Vénus	♀	0.985	0.957 ou $\frac{1}{1.05}$
La Terre	♁	1.000	1.000
Mars	♂	0.519	0.140 ou $\frac{1}{7.14}$
Jupiter	♃	11.225	1,414.200
Saturne	♄	9.022	734.800
Uranus	♆	4.344	82.000
Neptune	♅	4.719	110.600
Le Soleil	☉	112.060	1,407,124.000
La Lune	☾	0.264	0.018 ou $\frac{1}{49}$

On voit que les corps de notre système se présentent dans l'ordre suivant, en commençant par les plus volumineux : le Soleil, Jupiter, Saturne, Neptune, Uranus, la Terre, Vénus, Mars, Mercure, la Lune. Cet ordre est identique à celui que fournit la comparaison des masses (chap. VII, p. 33) ; cherchons s'il en sera de même pour la comparaison des densités.

La densité est la masse de l'unité de volume ; il résulte de là que la masse entière d'un corps s'obtient en multipliant le volume de ce corps par sa densité, ou inversement que la densité sera donnée par la division des nombres qui représentent les masses par les nombres qui représentent les volumes.

Les nombres ci-dessus combinés avec ceux du cha-

pitre VII (p. 34), nous donneront les résultats suivants en prenant successivement pour unité la densité de la Terre et celle de l'eau :

		Densités, la Terre étant 1.	Densités, l'eau étant 1.
Mercure	☿	1.234	6.71
Vénus	♀	0.923	5.02
La Terre	♁	1.000	5.44
Mars	♂	0.948	5.15
Jupiter	♃	0.238	1.29
Saturne	♄	0.138	0.75
Uranus	♅	0.180	0.98
Neptune	♆	0.222	1.21
Le Soleil	☉	0.252	1.37
La Lune	☾	0.619	3.37

L'ordre ici est complétement différent de celui que donnent la comparaison des masses ou celle des volumes ; en commençant par les corps les plus denses on trouve : Mercure, la Terre, Mars, Vénus, la Lune, le Soleil, Jupiter, Neptune, Uranus, Saturne.

Le volume de la Terre est de 1,081 quatrillions de mètres cubes et par conséquent le poids de la Terre de 5,881 quatrillions de tonneaux de 1,000 kilogrammes chacun.

CHAPITRE X

PESANTEUR A LA SURFACE DU SOLEIL ET DES PLANÈTES

L'universalité de l'attraction des corps les uns sur les autres proportionnellement aux masses et en raison inverse du carré des distances explique comment les corps sont

retenus à la surface des astres sur lesquels ils sont placés. Tous les corps abandonnés à eux-mêmes dans le voisinage du Soleil, de la Lune, des planètes, doivent tomber sur la surface de ces globes, comme un corps abandonné près de la Terre tombe sur la surface du globe que nous habitons. Seulement le Soleil, la Lune, les planètes ayant des masses différentes et des dimensions non moins diverses, il en résulte que l'intensité de la pesanteur varie sur la surface de chacun de ces corps. Si on représente par l'unité la pesanteur à la surface de la Terre, il est facile d'avoir la pesanteur à la surface d'un autre corps du système solaire, en divisant la masse de ce corps, rapportée à celle de la Terre prise pour unité, par le carré de son rayon, comparé à celui de la Terre pris aussi pour unité. En effectuant ce calcul pour les principales planètes, pour le Soleil et pour la Lune, on obtient le tableau suivant :

		Pesanteurs, la pesanteur à la surface de la Terre étant 1.
Mercure	☿	0.51
Vénus	♀	0.91
La Terre	♁	1.00
Mars	♂	0.50
Jupiter	♃	2.45
Saturne	♄	1.09
Uranus	♅	1.05
Neptune	♆	1.10
Le Soleil	☉	28.30
La Lune	☾	0.16

L'ordre de plus grande pesanteur à la surface des principaux globes du système solaire, est le suivant : le

Soleil, Jupiter, Neptune, Saturne, Uranus, la Terre, Vénus, Mercure, Mars, la Lune.

On concevra facilement la signification des résultats précédents en remarquant que le même corps suspendu à un ressort gradué devrait, si on portait l'appareil successivement à la surface de chacun des astres du système solaire, s'arrêter à des divisions proportionnelles aux nombres qui indiquent les pesanteurs que nous venons de donner.

CHAPITRE XI

COMPARAISONS VULGAIRES DESTINÉES A DONNER DES IDÉES EXACTES DE L'ÉTENDUE DU FIRMAMENT ET DE LA GRANDEUR DES ASTRES QU'ON Y OBSERVE

Hésiode prétendait que le ciel et l'enfer étaient à la même distance de la surface de la Terre, l'un en haut, l'autre en bas. Pour donner une idée de la distance du ciel à la Terre, il disait qu'une grosse enclume en fer qui tomberait du ciel vers la Terre, ne nous parviendrait qu'au dixième jour, et qu'elle emploierait le même temps pour aller de la surface de la Terre à l'enfer.

Aujourd'hui, on a pu mesurer avec exactitude les orbites des planètes, et on calcule facilement que Neptune, le corps du système solaire qui gravite dans l'orbite la plus éloignée du Soleil, mettrait 10,994 jours ou plus de 30 ans pour tomber vers le centre du monde planétaire, si l'on supposait subitement anéantie la vitesse tangentielle qui, combinée avec l'action de l'astre radieux et avec les actions des diverses planètes, fait circuler



Neptune dans une courbe que l'observation et la théorie permettent aux astronomes de figurer sans aucune peine. J'ai donné dans une autre occasion (liv. XX, chap. XXVII, t. III, p. 356) les temps que mettraient à tomber vers le Soleil les autres planètes, si elles étaient abandonnées à la seule force attractive du globe solaire. Le lecteur a vu d'ailleurs que la lumière qui se meut pourtant avec une si prodigieuse vitesse, ne met pas moins de 3 à 4 ans pour nous arriver des étoiles les plus rapprochées dont il ait été possible de déterminer la distance à notre planète (liv. IX, chap. XXXII, p. 437). Mais je reviens à des comparaisons avec des quantités dont on est plus habitué à se rendre compte.

On sait qu'un boulet de 24 parcourt tout au plus 400 mètres par seconde à sa sortie d'une bouche à feu. Cette vitesse correspond à 4,000 mètres en 10 secondes, à 6 lieues par minute, à 360 lieues par heure, à 8,640 lieues par jour, à 3,155,760 lieues par an, à 37,870,000 lieues en 12 ans. Il faudrait donc plus de 12 ans à un boulet qui conserverait toute sa vitesse initiale pour franchir les 38 millions de lieues qui mesurent la distance moyenne de la Terre au Soleil. Un semblable boulet n'emploierait pas moins de 360 années pour aller du Soleil à Neptune; mais il arriverait de la Terre à la Lune en 11 jours.

La vitesse de la translation de la Terre autour du Soleil est de 7 lieues 6 dixièmes par seconde, c'est-à-dire 76 fois plus grande que celle du boulet de 24; celui-ci emploierait 29 heures pour faire le tour de l'équateur terrestre. La vitesse de rotation de notre globe est de

11 centièmes de lieue par seconde, de 396 lieues par heure, un peu plus grande que celle du boulet de canon.

Voici un autre rapprochement qui frappera peut-être l'esprit du lecteur :

L'auteur d'un ouvrage publié en 1844, sous le titre de *Vestiges of the natural history of creation*, fait cette remarque : Si le plus rapide cheval de course dont on ait jamais parlé, fût parti, à la naissance de Moïse, d'une des extrémités du diamètre de l'orbite d'Uranus, et eût couru depuis lors le long de cette droite avec sa pleine vitesse et sans jamais s'arrêter, il n'aurait encore aujourd'hui parcouru que la distance de la circonférence au centre, que la moitié du diamètre ; le cheval arriverait à la planète.

Un professeur d'Angers voulant donner à ses élèves une idée sensible de la grandeur de la Terre comparée à celle du Soleil, imagina de compter le nombre de grains de blé de grandeur moyenne qui sont contenus dans la mesure de capacité nommée le litre : il en trouva 10,000. Conséquemment un décalitre doit en renfermer 100,000, un hectolitre 1,000,000, et 14 décalitres 1,400,000. Ayant alors rassemblé en un tas les 14 décalitres de blé, il mit en regard un seul de ces grains et dit à ses auditeurs : « Voilà en volume la Terre et voici le Soleil. » Cette assimilation frappa les élèves de surprise infiniment plus que ne l'avait fait l'énonciation du rapport des nombres abstraits 1 et 1,400,000.



CHAPITRE XII

DE LA PESANTEUR A LA SURFACE DE LA TERRE

Les anciens n'avaient que des idées confuses sur la force qui fait tomber les corps à la surface de la Terre, et que l'on nomme la pesanteur. Galilée a eu la gloire de montrer que cette force agit, en un lieu donné, de la même manière sur tous les corps qui s'y trouvent, et que si l'expérience montre que des corps de nature très-différente ne tombent pas également vite, cela tient à ce que l'air atmosphérique offre une résistance inégale à leur chute.

Si la pesanteur à la surface de la Terre est un cas particulier de l'attraction universelle, elle doit agir sur les corps placés sur notre planète, suivant les lois générales que nous avons précédemment démontrées (chap. II, p. 2 à 14). Or, nous avons vu que la Terre n'est pas sphérique, qu'elle est aplatie aux pôles et renflée à l'équateur. Les corps situés vers les régions polaires sont plus rapprochés du centre de la Terre d'environ 5 lieues que ceux situés vers les régions équatoriales. Comme la Terre doit agir sur tous les corps placés à sa surface de la même manière que si toute la masse était réunie en son centre, comme, en outre, sa force attractive doit diminuer proportionnellement aux carrés des distances, on voit que la pesanteur doit être moins grande à l'équateur qu'aux pôles. Une autre cause tend encore à diminuer l'intensité de la pesanteur à mesure qu'on

s'approche de l'équateur. En effet, la Terre tourne sur elle-même avec une vitesse dont nous avons rappelé la valeur dans le chapitre précédent. Or, tout corps qui est animé d'un rapide mouvement de rotation autour d'un centre, comme la pierre suspendue à une fronde, tend à s'éloigner de ce centre ; c'est l'effet de ce qu'on est convenu d'appeler la force centrifuge. Cette action, qui est nulle aux pôles, augmente à mesure qu'on s'avance vers l'équateur terrestre, et elle a une composante dont l'action est directement opposée à celle de la pesanteur.

Ces considérations théoriques reposent sur les mesures de la Terre et sur la découverte de ses mouvements. On comprend tout l'intérêt que dut présenter aux astronomes la possibilité de les vérifier. Les propriétés du pendule que nous avons indiquées au commencement de ce traité (liv. II, chap. X, t. I, p. 57) ont permis d'arriver sur ce point à une exactitude dont les amis des sciences ont le droit d'être fiers.

Les variations de l'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre ne sont que la conséquence de la figure de notre globe et de son mouvement de rotation sur lui-même. La figure elle-même de la Terre provient de l'existence éternelle du mouvement de rotation. Alors que la Terre était liquide à sa surface, comme il est probable qu'elle est encore maintenant liquide à une certaine profondeur (liv. XX, chap. XVIII, t. III, p. 247), à ces époques éloignées de nous d'un nombre de milliers d'années qu'il est impossible de calculer, la surface de notre planète a dû prendre, sous l'effet de l'action de la

force centrifuge, une forme renflée vers les régions placées dans un plan mené par le centre du globe perpendiculairement à l'axe de rotation. Ces régions équatoriales ont plus tard conservé leur position lorsque l'écorce terrestre s'est constituée à la suite du refroidissement progressif de la planète.

Quoi qu'il en soit, le nombre d'oscillations qu'effectue en un certain temps un pendule abandonné à lui-même, dépend de l'intensité de la pesanteur et de la longueur de ce pendule. Si l'amplitude des oscillations est très-petite, c'est-à-dire si le pendule ne s'écarte que de 2 à 3 degrés au plus de part et d'autre de la verticale, la relation qui existe entre ces différents éléments est très-simple ; elle consiste en ce que le carré du nombre des oscillations effectuées dans un temps donné est proportionnel à l'intensité de la pesanteur et en ce qu'il diminue proportionnellement à la longueur du pendule. Il résulte de là que la variation de l'intensité de la pesanteur, ou ce qui revient au même, comme nous venons de l'expliquer, que la figure de la Terre peut se déduire du nombre d'oscillations que fait en vingt-quatre heures un même pendule, de longueur invariable, dans des lieux situés sous diverses latitudes, ou de la comparaison des longueurs différentes que doit avoir un pendule pour exécuter dans tous ces lieux le même nombre d'oscillations en un temps donné.

Nous n'avons pas besoin de faire remarquer que les énoncés précédents se rapportent seulement à l'emploi de pendules simples, c'est-à-dire de pendules dans lesquels le fil à l'extrémité duquel la masse oscillante est

suspendue, a une masse nulle ou tout à fait négligeable par rapport à cette dernière. Dans tous les cas on possède des méthodes d'un emploi facile pour trouver la longueur du pendule simple, idéal, qui ferait son oscillation dans le même temps que le pendule réel ou composé qu'il est seulement possible d'observer. Un tel pendule simple est ce qu'on appelle le pendule *synchrone* du pendule *composé* employé.

Les deux méthodes dont nous venons d'indiquer le principe, exigent, l'une et l'autre, qu'on détermine dans chaque station quel nombre d'oscillations y fait, en un jour moyen ou en un jour sidéral, le pendule dont on se sert : elles diffèrent seulement en ce que, dans la première, il est indispensable que l'appareil oscillant n'éprouve jamais d'altération ni dans sa forme, ni dans ses dimensions, tandis que, lorsqu'on suit la seconde, cette invariabilité n'est pas nécessaire, puisqu'on mesure la longueur du pendule après chaque observation.

C'est à Richer, membre de l'Académie des Sciences de Paris, qu'on doit la première observation de l'application du pendule de longueur invariable à la constatation du changement de l'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre. Cet astronome reconnut qu'une horloge réglée à Paris retardait chaque jour, à Cayenne, d'une quantité notable, parce que le pendule qui réglait la marche de cette horloge oscillait à Cayenne plus lentement qu'à Paris. Borda s'est servi le premier de la seconde méthode ; elle est susceptible de plus d'exactitude que celle de l'observation du pendule invariable, mais elle exige un établissement particulier d'une grande délicatesse.

Le pendule invariable se compose généralement d'un cylindre de cuivre, au bout duquel est une lentille lourde de même métal, qui fait corps avec lui, parce que le cylindre et la lentille ont été fondus d'une seule pièce. A l'autre extrémité du cylindre est invariablement attaché un couteau affilé d'acier, destiné à supporter le pendule pendant les expériences; ce couteau repose sur un plan d'agate parfaitement dressé. On doit corriger les observations des erreurs introduites par les changements qu'apportent, dans la longueur du pendule, les variations de la température, et, dans son mouvement, la résistance de l'air. On voit que le pendule, dans la méthode de Richer, est un pendule composé; on doit donc, en outre, chercher la longueur du pendule simple *synchrone*, ou dont l'oscillation a la même durée.

Dans la méthode de Borda, le pendule employé se rapproche autant que possible du pendule simple ou idéal. Voici la description du pendule de ce genre que M. Biot et moi nous avons employé dans les observations faites en Espagne; nous l'extrayons en grande partie de la note lue par M. Biot à l'Institut, le 27 juin 1808, quelque temps après son retour de Formentera; elle montre les soins qu'on doit prendre pour obtenir des résultats exacts. Le pendule est formé par une boule de platine B (fig. 308) suspendue à un fil de métal *a;* l'extrémité inférieure du fil est serrée par la vis A′ dans le bouton A d'une calotte sphérique VX; cette calotte a le même rayon que la boule, et elle est appliquée sur la surface de celle-ci avec un peu de suif, de manière à y adhérer, en vertu de la pression de l'atmosphère et du

contact parfait résultant de la sphéricité. L'autre bout du fil est attaché à la queue à vis C d'un couteau de

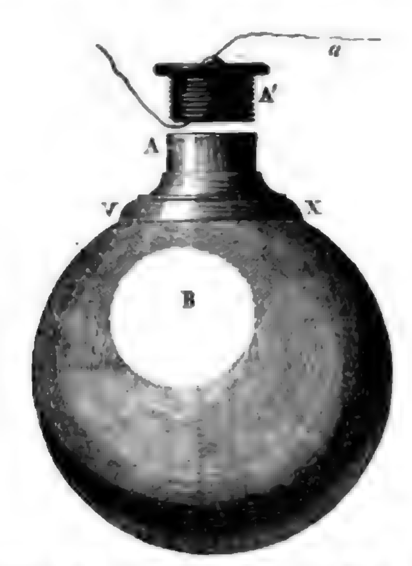


Fig. 308. — Boule de platine du pendule de Borda et du pendule de MM. Arago et Biot.

suspension (fig. 309), qui repose sur un plan d'agate

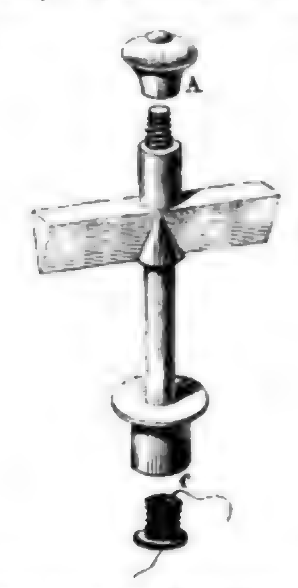


Fig. 309. — Couteau de suspension du pendule de MM. Arago et Biot.

ab (fig. 310), le pendule oscillant dans le sens perpendiculaire *cd*. Ce plan de suspension posé sur une plaque

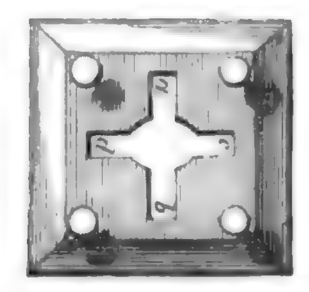


Fig. 310. — Plan de suspension du pendule.

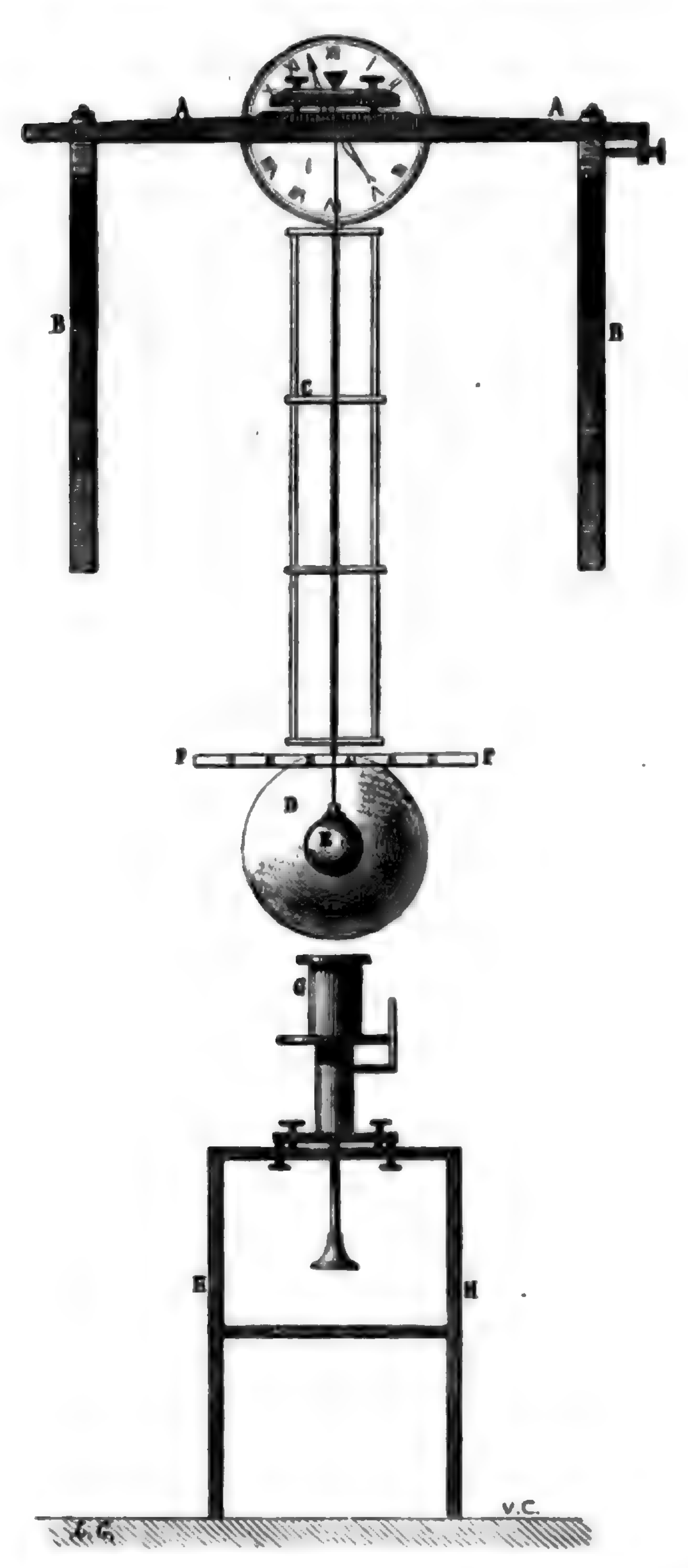
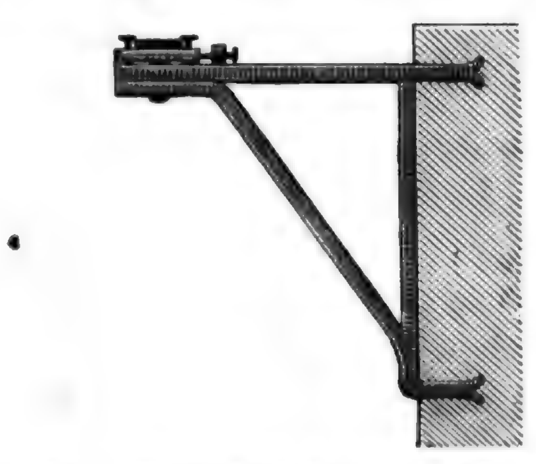


Fig. 311. — Dispositions générales du pendule employé par MM. Arago et Biot.

de fer AA qu'on aperçoit dans la figure 311, qui représente la disposition générale de l'appareil, est rendu bien horizontal par l'emploi d'un petit niveau de verre sans monture et de vis calantes. La plaque AA est supportée par les barres de fer BB qu'on aperçoit en profil dans la figure 312. On accorde préalablement la masse du



312. — rres du support du pendule de MM. Arago et Biot.

couteau, de manière que ses oscillations aient à très-peu près la même durée que celles de l'horloge CD (fig. 311), sur laquelle on se propose de régler le pendule total E. Ce résultat s'obtient par le mouvement d'un petit bouton A (fig. 309) vissé sur la tête du couteau, et qui, en se tournant ou se détournant, s'approche ou s'éloigne du plan de suspension. Quand le synchronisme des oscillations partielles est aussi approché qu'on peut l'obtenir par cette méthode, on suspend au couteau le fil et la boule de platine, en donnant au fil une longueur telle que les oscillations de tout le système diffèrent peu de celles de l'horloge, et par conséquent de celles du couteau seul. Comme le centre de gravité du couteau est extrêmement

rapproché du plan de suspension, sa masse n'a, dans les circonstances où fonctionne l'appareil, qu'une influence insensible sur la longueur du pendule.

L'appareil étant ainsi disposé, on établit à sept ou huit mètres de distance une lunette dont l'oculaire porte à son foyer un fil vertical, qu'on dirige sur le fil du pendule pendant l'état de repos, et l'on fixe, dans la même direction, sur la lentille D de l'horloge, aussi en repos, un petit cercle de papier qui sert d'index. Ces préparatifs terminés, on fait marcher l'horloge, et lorsque sa marche est bien assurée, on commence à faire osciller le pendule. La lunette permet de juger l'inégalité des marches du pendule de l'horloge et du pendule simple, et elle augmente la vitesse apparente que prend le fil du pendule par rapport à l'index de la lentille. Les époques des coïncidences peuvent également être constatées avec beaucoup de précision. Entre deux coïncidences consécutives, le pendule gagne ou perd deux oscillations sur l'horloge, et on trouve dès lors, par une simple proportion, combien il y aura d'oscillations perdues ou gagnées par le pendule en un jour solaire moyen. On sait donc combien le pendule fait d'oscillations pendant ce temps. On a une correction à opérer provenant de l'inégalité d'amplitude des arcs parcourus par le pendule ; ces arcs sont connus par l'échelle divisée FF, et le calcul permet de ramener toutes les oscillations à des oscillations de très-petite amplitude.

Tout l'appareil est renfermé dans une cage vitrée, afin d'éviter les mouvements de l'air, et il s'y trouve des thermomètres qui indiquent la température à chaque

instant. L'observation du baromètre complète les déterminations nécessaires pour ramener le nombre d'oscillations constaté à ce qu'il serait si l'on pouvait opérer dans le vide.

Il reste à mesurer la longueur du pendule depuis le plan de suspension jusqu'au bas de la boule de platine. Pour cela on dispose à l'avance (fig. 311) sur un support HH un plan métallique G qui peut s'élever ou s'abaisser au moyen d'une vis.

On voit ce plan métallique représenté à part en A dans la figure 313 ; il s'élève par la vis D dont les tours et les

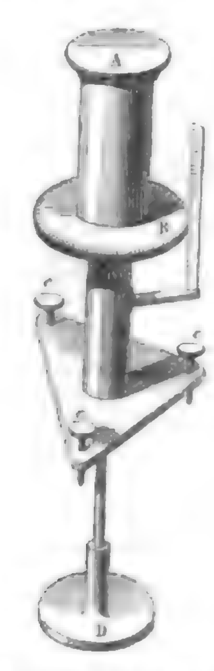


Fig. 313. — Plan métallique destiné à la mesure de la longueur du pendule de MM. Arago et Biot

fractions de tours sont indiqués par le cercle divisé B qui se meut devant une règle verticale également divisée. Les vis *ccc* servent à attacher ce petit appareil au-dessous du pendule. A l'aide de quelques tâtonnements on

parvient à obtenir un contact rigoureux entre le plan métallique et la boule de platine. On doit éviter de soulever cette dernière parce qu'on détruirait l'effort de traction exercé par la boule sur le fil, et que le fil ne reviendrait à sa première position que peu à peu et après un certain temps. On prend pour indice du contact parfait la disparition d'un trait de lumière entre le plan et la boule.

Ce résultat étant obtenu, on mesure la distance entre le plan métallique inférieur et le plan de suspension à l'aide d'une règle métallique divisée. A cet effet on adapte un couteau de suspension à l'une des extrémités de la règle. Ce couteau C (fig. 314) est en acier trempé et à

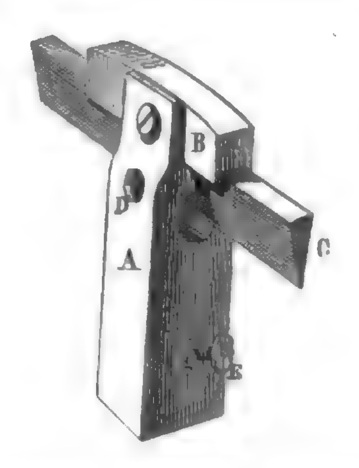


Fig. 314. — Couteau de suspension de la règle destinée à la mesure de la longueur du pendule de MM. Arago et Biot.

tranchant vif ; il faut que la tête de la règle soit aussi en acier trempé, afin que le tranchant du couteau ne puisse y pénétrer, et cependant le contact doit être parfait, afin que la longueur mesurée soit bien exacte. On enfonce la règle dans une gaîne A adaptée à la tête B du couteau, jusqu'à ce qu'elle touche le tranchant de celui-ci, et on la fixe alors à l'aide d'une forte vis de pression E. Afin de m'assurer du contact, non-seulement avant et après la

mesure, mais encore quand la règle est suspendue, j'ai fait percer dans la tête du couteau un trou D dirigé perpendiculairement à son axe : on peut ainsi observer facilement si le passage de la lumière est bien intercepté entre le couteau et la règle.

L'autre extrémité de la règle est munie d'une languette qu'on peut faire sortir ou rentrer au moyen d'une vis de rappel. Sur cette languette et sur la règle sont tracées des divisions égales.

La règle étant suspendue à la place du pendule, on fait sortir la languette jusqu'à ce qu'elle vienne se mettre en contact parfait avec le plan métallique inférieur. Lorsqu'on est arrivé à ce résultat, après avoir pris toutes les précautions nécessaires pour que la température de la règle soit celle de la cage, on lit le nombre de divisions dont la languette est sortie. A l'aide d'un comparateur (fig. 315 et 316), instrument imaginé par Lenoir et perfectionné par Fortin, on trouve d'ailleurs la longueur de la règle, la longueur des divisions, et la grandeur de la fraction de division dont la languette est sortie. Pour cela on compare avec des étalons la règle ayant la languette rentrée, la règle ayant la languette sortie d'un nombre entier de divisions, et enfin, à chaque fois, la règle ayant la languette sortie dans l'état exigé pour le contact avec le plan métallique inférieur du pendule.

On sait que le comparateur présente un talon fixe T (fig. 315) et un talon mobile T'. On place l'une des longueurs à comparer entre les deux talons et on produit un contact parfait du talon T' en faisant avancer la coulisse sur laquelle celui-ci est posé. On serre alors les

vis de pression RR, et le talon T′ ayant fait marcher le levier coudé *bcb′*, on peut voir la coïncidence d'un vernier V placé à l'extrémité de la longue branche du

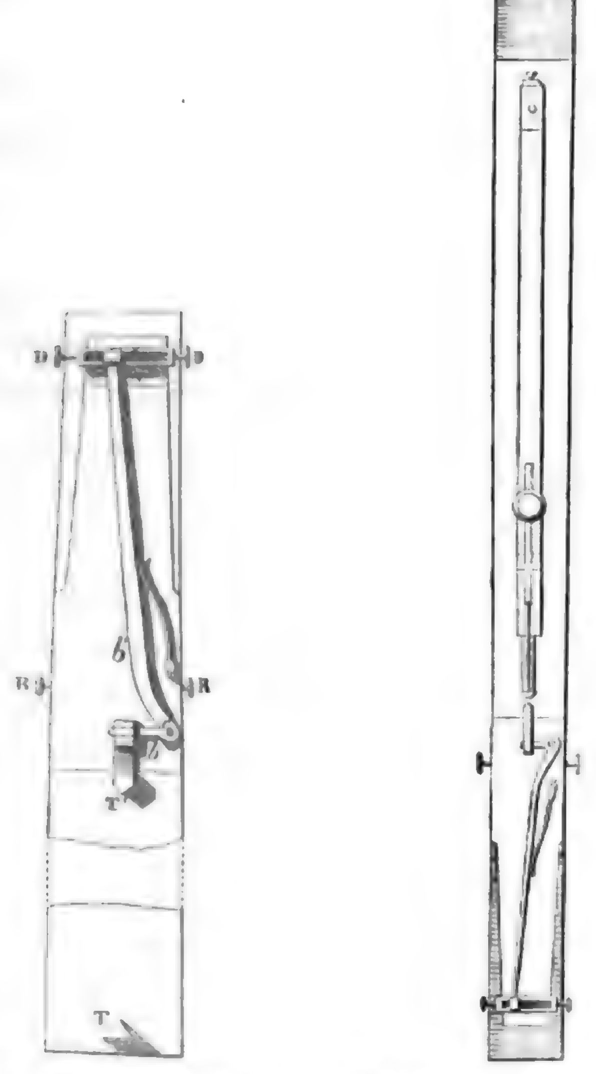


Fig. 315. — Mécanisme du comparateur de Fortin.

Fig. 316. — Vue de la règle posée sur le comparateur de Fortin.

levier, avec les divisions d'une règle DD. Si alors on enlève la première longueur pour y substituer l'autre, le talon T′ est forcé par un ressort de s'appuyer encore

sur l'extrémité de la longueur nouvelle. La marche du vernier, dans un sens ou dans l'autre, indique alors, avec une approximation qui n'est pas moindre qu'un cinq centième de millimètre, la différence des deux longueurs comparées.

Il reste encore à retrancher de la longueur totale trouvée le rayon de la boule de platine, rayon qui peut se calculer d'après le poids de cette boule et la densité connue du platine et que l'on trouve d'ailleurs expérimentalement en plaçant la boule dans un appareil de contact formé de deux plans parallèles dont l'un est fixe et l'autre mobile ; on mesure les mouvements de ce dernier à l'aide d'une vis portant un vernier latéral qui donne les centièmes de millimètre. Enfin il y a lieu de faire des corrections en raison du poids du fil et de celui de la calotte, puis de réduire les observations au niveau de la mer et au vide. Toutes ces opérations s'effectuent par des calculs dans lesquels je n'ai pas à entrer, mon but étant uniquement de faire comprendre l'esprit général des méthodes, tout en signalant les précautions minutieuses auxquelles l'astronome doit s'assujettir.

Le pendule que je viens de décrire est un peu différent de celui de Borda ; pour faire connaître ce dernier, je placerai ici un extrait de la description qu'il en a lui-même donnée. L'appareil est représenté par la figure 317. AB est l'horloge à secondes aux oscillations de laquelle Borda et Cassini, dans la série d'observations qu'ils entreprirent en commun, comparaient le mouvement du pendule ; ce pendule VP tombait un peu en avant de l'horloge, et avait sa suspension à l'extrémité d'un bloc

de pierre CDFK posé sur la partie supérieure du mur contre lequel l'appareil était établi. La boule P du pen-

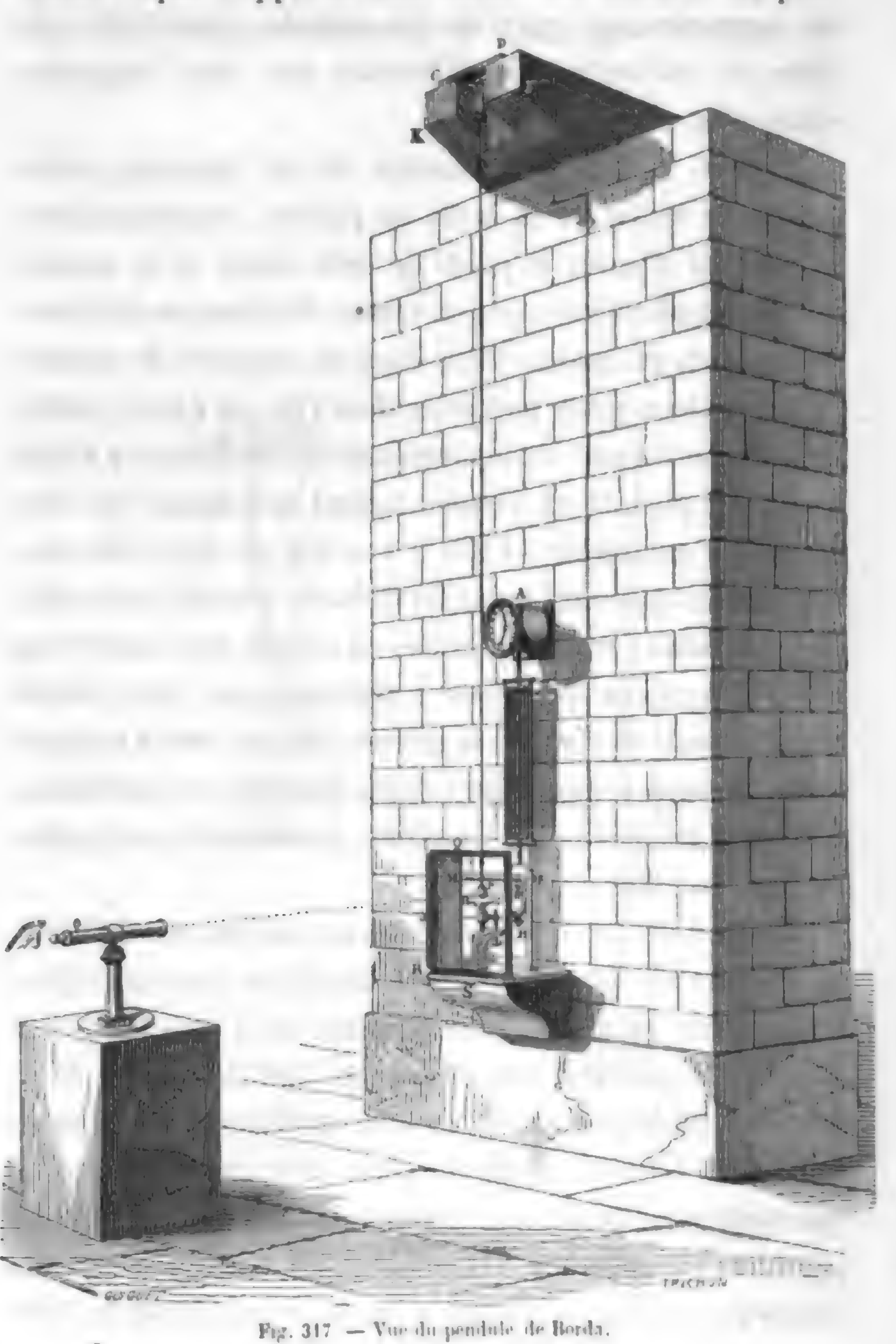


Fig. 317 — Vue du pendule de Borda.

dule faisait ses oscillations à peu près à la hauteur du centre de la lentille, et on les observait avec la petite

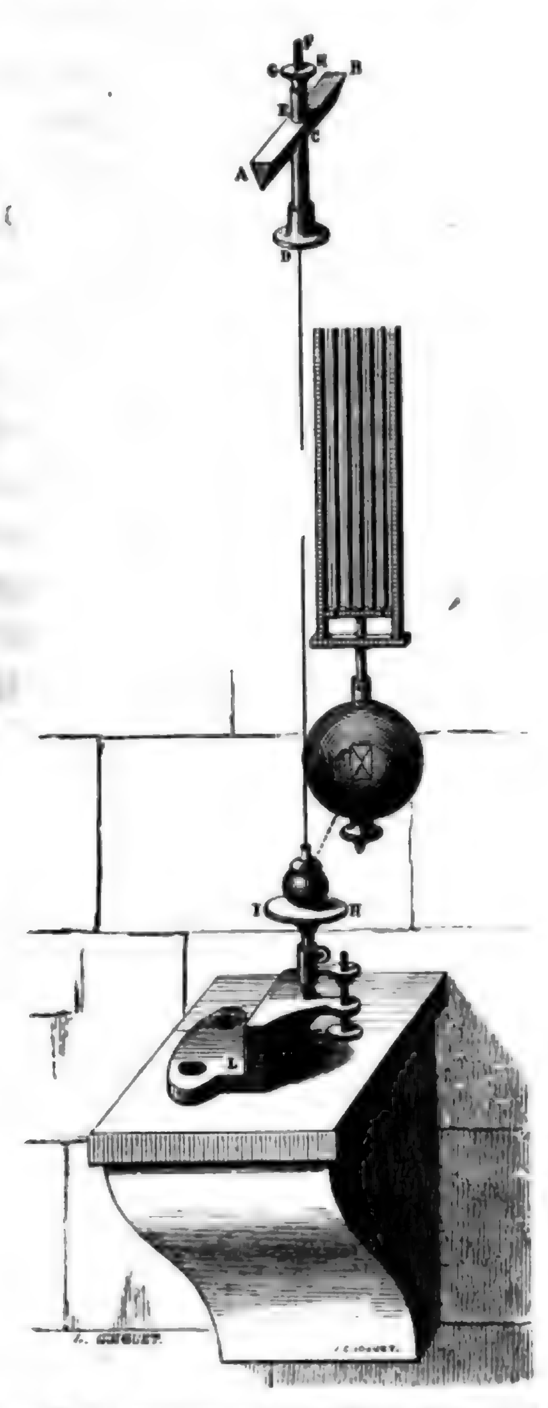


Fig. 318. — Partie supérieure et partie inférieure du pendule de Borda.

lunette O placée à deux mètres de distance. L'horloge et tout l'appareil du pendule étaient renfermés dans une caisse commune qui les mettait à l'abri des mouvements de l'air, et qui avait des panneaux à vitre dans sa partie inférieure pour laisser voir les oscillations.

Le pendule de Borda et Cassini était à suspension à couteau. Voici la description de cette monture donnée par les deux astronomes : « AB (fig. 318) est le couteau; CD une queue inférieure à laquelle le fil est attaché; EF une pièce montante finissant par une vis; GH un petit bouton mobile le long de la vis. C'est au moyen de ce bouton, qui servait en partie de contre-poids à la queue inférieure, qu'on réglait le mouvement oscillatoire du couteau, et qu'on parvenait à lui donner la même durée qu'à celui du pendule...

« La suspension portait sur un plan d'acier MN (fig. 319)

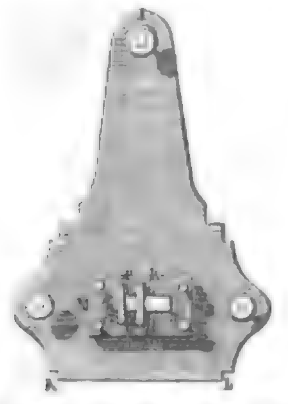


Fig. 319. — Plan de suspension du couteau du pendule de Borda.

qui était fixé sur une plaque de cuivre IKL qui tenait elle-même au bloc de pierre CDFK de la figure 317, par trois fortes vis, au moyen desquelles on mettait le plan MN exactement de niveau. Le couteau OP était toujours

placé au milieu de l'ouverture ST (fig. 319) lorsqu'on observait les oscillations. Mais lorsqu'on mesurait la longueur du pendule on transportait ce couteau vers T, et on le remplaçait par une règle qui servait à cette mesure et dont on voit la partie supérieure en QR...

« Le pendule tombait un peu en avant de l'horloge. On avait collé sur la lentille B un papier à fond noir *e*, sur lequel étaient tracées deux lignes blanches qui se croisaient, en formant avec l'horizon un angle de 45°. L'horloge étant arrêtée et le pendule étant également au repos, on fixait la lunette O (fig. 317) dans la direction OP*e*, passant par la croisure des lignes de la lentille et par le fil du pendule, et on plaçait à une petite distance du pendule un écran à fond noir QRS, dont le bord QS était dans une ligne verticale et arrangé de manière qu'il couvrait la moitié de l'épaisseur du fil du pendule : cette disposition étant faite, on mettait le pendule et la lentille en mouvement, et on observait le temps où le fil du pendule et la croisure des lignes de la lentille disparaissaient ensemble derrière l'écran... Entre deux concours successifs, l'un perdait sur l'autre deux oscillations entières...

« Comme la durée des oscillations d'un pendule augmente suivant la grandeur des arcs qu'il décrit et qu'il fallait réduire cette durée à celle des oscillations infiniment petites, on avait le soin d'observer l'amplitude des arcs à l'instant de l'observation de chaque concours, et pour cela on avait placé à une petite distance du pendule une règle MN (fig. 317), qui était divisée en minutes de degré...

« La règle qui servait à mesurer la longueur du pendule était de platine et recouverte d'une autre règle de cuivre (fig. 320). Sa partie supérieure était terminée



Fig. 320. — Règle de Borda pour mesurer la longeur du pendule.

par un T d'acier trempé qui s'engageait dans l'ouverture ST de la figure 319, et servait à faire porter cette règle

par le plan MN. La partie du T qui était appliquée contre la tête de la règle, et les surfaces inférieures des deux branches AB et CD, avaient été dressées avec soin sur un marbre, et ne formaient avec la tête de la règle qu'un seul et même plan, de manière que la règle étant en place, sa surface supérieure se trouvait exactement à l'affleurement du plan MN.

« A l'extrémité inférieure de la règle était une languette EF de platine, qui glissait à léger frottement entre les deux coulisses GH et LI également de platine. La languette portait des divisions dont les dixièmes étaient appréciés par le vernier X.

« L'objet de la règle de cuivre qui couvrait celle de platine, était de former avec celle-ci un thermomètre métallique qui, par la différence de dilatation des deux métaux, servait à faire connaître à chaque instant la quantité absolue dont la règle de platine était dilatée. L'extrémité supérieure de la règle de cuivre était fixée par trois vis un peu au-dessous du T d'acier, et son extrémité inférieure, qui était libre, avait une ouverture rectangulaire PR dans laquelle entrait une pièce ST fixée sur le platine; cette pièce ST portait les divisions du thermomètre métallique dont les subdivisions étaient mesurées par le vernier U; celui-ci devait s'avancer sur les divisions de ST de toute la quantité dont le cuivre se dilatait plus que le platine.

« Les deux verniers U et X étaient observés à l'aide des microscopes F que montre la figure.

« La pièce IHL (fig. 317 et 318) qui était fixée sur une pierre en saillie maçonnée dans le mur et placée un

peu au-dessous de la boule du pendule, était composée d'un petit plan de cuivre JH, bien dressé et placé horizontalement, qu'on pouvait élever et abaisser à volonté au moyen d'une vis dont les pas étaient très-fins. Lorsque, après avoir achevé une observation, on voulait mesurer la longueur du pendule, on commençait par le mettre au repos ; on élevait le petit plan de cuivre jusqu'à ce qu'il vînt à toucher la partie inférieure de la boule ; ce qui s'observait avec une grande précision, à cause de la lenteur du rappel ; ensuite, écartant le pendule de la verticale, et déplaçant le couteau de suspension, il ne restait plus qu'à se servir de la règle pour mesurer la distance depuis le petit plan IH jusqu'au plan supérieur qui portait le couteau.

« Pour cela on transportait cette règle de la position OP (fig. 319) qu'elle avait pendant le temps du mouvement du pendule, jusqu'au milieu de l'ouverture ST où était auparavant le couteau de suspension, et alors la règle ayant pris la place du pendule, sa languette tombait sur le petit plan IH, et marquait par sa division la longueur de ce pendule depuis le point de suspension jusqu'au-dessous de la boule. »

Maintenant que le lecteur a sous les yeux la description de l'appareil de Borda et des perfectionnements qu'on lui a donnés, il nous reste à exposer les résultats obtenus dans les deux hémisphères sous les latitudes les plus diverses, près de l'équateur et jusque vers les deux pôles. Les voyages maritimes des capitaines Sabine, Freycinet et Duperrey sont venus compléter heureusement les expériences entreprises en Europe par les astro-

nomes. En rassemblant les diverses observations qui offrent le plus de garanties d'exactitude, on forme le tableau suivant :

Noms des lieux d'observation.	Latitudes boréales.	Longueurs observées du pendule battant la seconde, réduites au vide et au niveau de la mer.	Noms des observateurs.
		mill.	
Spitzberg........	79° 49′ 58″	996.036	Sabine.
Groenland........	74 32 19	995.746	Sabine.
Hammerfest......	70 40 5	995.531	Sabine.
Drontheim.......	63 25 54	995.013	Sabine.
Unst.............	60 45 25	994.946	Biot.
Portsoy..........	57 40 59	994.691	Kater.
Fort de Leith.....	55 58 37	994.531	Biot.
Clifton...........	53 27 43	994.302	Kater.
Arbury-Hill.......	52 16 55	994.227	Kater.
Londres..........	51 31 8	994.123	Kater.
Dunkerque.......	51 2 10	994.080	Biot, Mathieu.
Shanklin-Farm....	50 37 24	994.047	Kater.
Paris............	48 50 14	993.900	Biot, Borda, Cassini, Bouvard, Mathieu.
Clermont-Ferrand.	45 46 48	993.582	Biot, Mathieu.
Milan............	45 28 1	993.548	Biot, Ed. Biot.
Padoue...........	45 24 3	993.607	Biot, Ed. Biot.
Fiume...........	45 19 0	993.584	Biot, Ed. Biot.
Bordeaux.........	44 50 26	993.453	Biot, Mathieu.
Figeac...........	44 36 45	993.458	Biot, Mathieu.
Toulon...........	43 7 20	993.365	Duperrey.
Barcelone........	41 23 15	993.232	Biot, Ed. Biot.
New-York........	40 42 43	993.159	Sabine.
Formentera......	38 39 36	993.070	Arago, Biot, Chaix.
Lipari............	38 28 37	993.079	Biot, Ed. Biot.
Ile Mowi.........	20 50 7	991.775	Freycinet.
Jamaïque........	17 56 7	991.472	Sabine.
Ile Guam.........	13 27 51	991.455	Freycinet.
Trinité...........	10 38 56	991.064	Sabine.
Sierra-Leone.....	8 29 28	991.107	Sabine.
Saint-Thomas.....	0 24 41	991.111	Sabine.

Noms des lieux d'observation.	Latitudes australes.	Longueurs observées du pendule battant la seconde, réduites au vide et au niveau de la mer.	Noms des observateurs.
		mill.	
Rawak...........	0° 1′ 34″	990.947	Freycinet.
Maranham........	2 31 43	990.897	Sabine.
L'Ascension......	7 55 48	991.196	Sabine.
Bahia............	12 59 21	991.220	Sabine.
Ile de France.....	20 9 40	991.771	Freycinet.
Rio-Janeiro........	22 55 13	991.696	Freycinet.
Paramata.........	33 48 42	992.535	Brisbane.
Port Jackson.....	33 51 34	992.615	Freycinet.
Port Jackson.....	33 51 40	992.578	Duperrey.
Le Cap...........	33 55 15	992.578	Freycinet.
Malouines........	51 31 44	994.115	Duperrey.
Malouines........	51 35 18	994.055	Freycinet.

Dans ce tableau, les observations ont été réduites au niveau de la mer, en admettant que la correction à effectuer est proportionnelle au carré de la distance au centre de la Terre. Cette correction pour tous les lieux précédents est presque insensible, à cause de la petitesse de leurs hauteurs par rapport à la grandeur du rayon de la Terre, comme on peut le voir d'après les exemples que voici :

Lieux des observations.	Hauteurs des stations au-dessus du niveau moyen de la mer.	Longueur du pendule observée à la station.	Longueur du pendule réduite au niveau de la mer.
	m.	mill.	mill.
Dunkerque...........	4.05	994.079137	994.080382
Salle de la méridienne de l'Observ. de Paris.	70.25	993.844842	993.866780
Milan................	150.08	993.500800	993.547642
Formentera..........	202.20	993.006385	993.069660
Clermont-Ferrand....	406.00	993.455560	953.582277

La correction ne porte que sur les centièmes de millimètre pour les localités moins élevées que 200 mètres ; et

pour les lieux dont l'altitude est de 400 mètres, elle ne dépasse guère un dixième de millimètre.

La comparaison des observations démontre que la Terre n'affecte pas exactement la forme elliptique, même en ne considérant que la surface moyenne qui serait produite par la substitution de la mer aux continents solides. Nous reviendrons sur ce sujet dans les chapitres suivants. Au fond, et pour la question qui nous occupe, la différence est peu considérable, et on peut admettre, comme une loi qui ne donne pas des résultats très-éloignés de ceux qui sont fournis par les expériences, que la longueur du pendule varie entre des lieux peu éloignés proportionnellement au carré de la latitude, ainsi que cela résulte de l'hypothèse d'un ellipsoïde parfait pour représenter le globe terrestre. On trouve alors, en combinant entre elles toutes les observations et en réduisant à un parallèle commun celles qui se rapprochent par la latitude, les nombres suivants :

	Longueurs calculées du pendule, réduites au vide et au niveau de la mer
	mill.
Au pôle..................	996.189
Paris (48° 50′ 14″).........	993.900
A la latitude de 45°.......	993.520
A l'équateur..............	991.027

L'intensité elle-même de la pesanteur est liée en un lieu donné avec la longueur du pendule qui bat la seconde par une formule très-simple. De l'ensemble de toutes les recherches entreprises pour déterminer la longueur du pendule à Paris, on déduit que 9m.8088 y est la mesure de l'intensité de la pesanteur, c'est-à-dire qu'un corps

qui, à Paris, tombe dans le vide pendant une seconde, acquiert une telle vitesse que, si la pesanteur cessait d'agir sur lui, il parcourrait 9^m.8088 dans toutes les secondes suivantes de la durée de sa chute. Ce résultat signifie aussi qu'un corps qui se meut dans le vide à Paris, en partant du repos, parcourt 4^m.9044 pendant la première seconde de sa chute. D'après cela et parce que l'intensité de la pesanteur est proportionnelle à la longueur du pendule qui bat la seconde, on a le tableau suivant pour représenter la variation de la pesanteur à la surface de la Terre :

	Vitesses des corps tombant en divers lieux, la vitesse à Paris étant 9m.8088.	Pesanteurs en divers lieux, la pesanteur à Paris étant 1.
	m.	
Au pôle............	9.8314	1.0023
A Paris............	9.8088	1.0000
A la latitude de 45°..	9.8049	0.9996
A l'équateur........	9.7803	0.9971

En se servant des nombres donnés pour les longueurs du pendule simple, dans le tableau de la page 67, on calculera maintenant sans difficulté l'intensité de la pesanteur en chaque lieu, par de simples proportions.

CHAPITRE XIII

ATTRACTION DES MONTAGNES

La généralité des lois de l'attraction universelle doit évidemment conduire à penser qu'un objet quelconque placé en relief à la surface de la Terre, qu'un mur, qu'un édifice, qu'une montagne doivent empêcher un

corps qui tombe ou le plomb suspendu à l'extrémité d'un fil de se diriger exactement vers le centre de la Terre. Toutefois, à cause de l'immensité de la grandeur de la Terre comparée même avec les plus grosses montagnes, on doit concevoir que la déviation du fil à plomb ne peut être que très-petite. Il faut avoir recours, pour la mettre en évidence, à des observations délicates. Si l'on suppose qu'on détermine par les méthodes astronomiques que nous avons fait connaître (liv. XIX, chap. XIX, t. III, p. 254), les latitudes des deux stations situées sur un même méridien, l'une d'un côté, l'autre de l'autre côté d'une montagne, la différence de ces deux latitudes donnera l'angle des verticales réelles des deux lieux. Si maintenant, par des opérations géodésiques, on mesure la distance qui existe entre les deux stations, on calculera, dans l'hypothèse de l'aplatissement connu de la Terre, quelle doit être aussi la différence de leurs latitudes. Cette différence sera l'angle des deux verticales hypothétiques non déviées par la montagne. La comparaison des deux nombres obtenus par les deux méthodes, tout compte tenu des erreurs d'observation, donnera le double de la déviation cherchée.

La première tentative qu'on ait faite pour évaluer la déviation qu'une montagne peut occasionner dans la direction du fil à plomb, date de 1738, c'est-à-dire de l'époque où une commission de membres de l'Académie de Paris mesuraient le degré du Pérou. Le voisinage du Chimboraço semblait singulièrement propre à ce genre de recherches; Bouguer avait trouvé par un calcul approximatif, et en supposant la montagne entièrement

solide, que l'effet surpasserait 1′ 30″; mais malheureusement les observations donnèrent un nombre beaucoup plus petit, car par une moyenne la double déviation ne s'éleva qu'à 15″. Du reste, si, vu la petitesse du quart de cercle dont on se servait et les discordances des mesures partielles, on peut à peine conclure de ce travail que la montagne avait exercé une action sensible sur le fil à plomb, à plus forte raison n'est-il pas permis de compter sur l'évaluation numérique de l'effet.

En 1773, Maskeline a répété les mêmes expériences au pied des monts Shéhalhiens, en Écosse, et de la déviation qu'il constata, il chercha à déduire le rapport de la masse de la Terre à celle de la montagne et par suite la densité de la Terre elle-même prise dans son ensemble; il trouva un nombre plus faible d'environ une unité que celui qui fut plus tard déterminé par Cavendish à l'aide des expériences que nous avons fait connaître (ch. VIII, p. 34). Nous avons déjà vu que la différence entre la longueur calculée et la longueur observée de l'arc d'un degré du méridien correspondant à l'opération géodésique exécutée en Italie par MM. Plana et Carlini, entre Andrate et Mondovi, ne peut s'expliquer que par l'attraction exercée sur le fil à plomb par la chaîne des Alpes (liv. XX, chap. XXIII, p. 337).

Je ne puis pas cependant m'empêcher de faire remarquer que les astronomes font peut-être jouer un trop grand rôle aux attractions locales, et qu'ils ont voulu expliquer par là des discordances que très-souvent il eût été peut-être plus naturel d'attribuer à de simples erreurs d'observation.

CHAPITRE XIV

DU SYSTÈME MÉTRIQUE

Les opérations géodésiques entreprises pour trouver la longueur des degrés des divers méridiens et les observations du pendule, faites en différents climats, avaient donné l'idée d'une mesure universelle et invariable, dont l'origine serait prise dans la nature. Picard, qui avait lié entre eux les deux systèmes d'observations, afin qu'on pût en tout temps retrouver la longueur de la toise, proposait la longueur du pendule pour cette mesure universelle, et lui donnait le nom de rayon astronomique. Monton, en 1670, pensait qu'on devait prendre pour unité universelle la minute du degré qu'il appelait *mille*, et dont les divisions et sous-divisions étaient toutes décimales. Cassini, dans son ouvrage *sur la Grandeur et la Figure de la Terre*, exprimait à peu près cette même idée en proposant un pied géométrique qui serait la six-millième partie de la minute d'un méridien, ou bien une brasse de deux de ces pieds et qui serait la dix-millionième partie du rayon de notre globe, ou enfin une toise de six de ces mêmes pieds, en sorte que le degré eût été de 60,000 toises.

Quelques auteurs ont prétendu que les anciens avaient eu, comme les modernes, l'idée d'une mesure universelle et prise dans la nature; mais on n'a donné aucune preuve décisive qu'un tel système de mesures eût été exécuté, ou même réellement conçu. Le véritable chaos

dans lequel avait mis toutes les relations sociales, à la fin du XVIIIe siècle, l'incroyable et incohérente diversité des mesures qui changeaient pour ainsi dire de village à village, détermina une réforme qui, chaque jour, tend de plus en plus à devenir universelle. Après que plusieurs projets eurent été successivement proposés et repoussés, l'Assemblée constituante adopta enfin, en 1790, sur la proposition de Talleyrand, un décret par lequel l'Académie des Sciences fut chargée de chercher un modèle invariable pour toutes les mesures et pour les poids. En conséquence de ce décret, une commission composée de Borda, Lagrange, Laplace, Monge et Condorcet posa, dans un rapport du 19 mars 1791, les bases du système métrique décimal ainsi qu'il suit : prendre pour unité de longueur usuelle la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre, et rapporter la pesanteur de tous les corps à celle de l'eau distillée, en adoptant le système décimal pour relier toute mesure principale de chaque espèce aux mesures plus grandes et plus petites.

Les opérations jugées nécessaires par l'Académie pour que le nouveau système pût entrer dans la pratique, furent sanctionnées immédiatement par l'Assemblée nationale, qui voulut qu'on se mît à l'œuvre sans aucun retard ; elles consistaient 1° à déterminer la différence de latitude entre Dunkerque et Barcelone, et en général à faire sur cette ligne toutes les observations astronomiques qui seraient jugées utiles ; 2° à vérifier les anciennes bases qui avaient servi à la mesure du degré faite à Paris et aux travaux de la carte de France ; 3° à vérifier par de nouvelles observations et à prolonger en Espagne la suite

des triangles employés pour mesurer la méridienne ; 4° à déterminer en différents lieux la longueur du pendule simple battant la seconde dans le vide et au niveau de la mer, de manière à ce qu'on puisse retrouver facilement l'unité nouvelle de mesure par la simple observation du pendule ; 5° à vérifier par des expériences nouvelles la pesanteur dans le vide d'un volume d'eau distillée, prise à une température déterminée ; 6° à réduire aux mesures nouvelles les différentes mesures de longueur, de surface ou de capacité usitées dans le commerce, et les différents poids qui y étaient en usage.

Les travaux, dont le programme était ainsi tracé d'une manière aussi complète que précise, furent commencés sans délai et continués à travers tous les malheurs d'une époque agitée par les révolutions, par les guerres, par la famine. Une loi rendue le 18 germinal an III (7 avril 1795), sur le rapport de Prieur, ranima d'ailleurs l'entreprise en apportant quelques modifications au plan primitif et en arrêtant la nomenclature des mesures et des poids. Les mesures légales de longueur sont depuis lors :

Le myriamètre	ou	10,000 mètres.
Le kilomètre		1,000
L'hectomètre		100
Le décamètre		10
Le mètre		1
Le décimètre		0.1
Le centimètre		0.01
Le millimètre		0.001

Les mesures de volume pour les liquides et les grains sont :

Le kilolitre	ou	mètre cube
L'hectolitre		

Le décalitre
Le litre ou décimètre cube
Le décilitre
Le centilitre.

Les mesures de poids :

Le kilogramme ou poids du décimètre cube d'eau distillée,
L'hectogramme
Le décagramme
Le gramme
Le décigramme
Le centigramme
Le milligramme.

Les mesures de surface :

L'hectare	ou	10,000 mètres carrés.
L'are		100
Le centiare		1

Les mesures de volume pour les bois :

Le stère ou mètre cube
Le décistère.

Les unités monétaires :

Le franc ou 5 grammes d'un alliage de 9 d'argent et de 1 de cuivre.
Le décime
Le centime.

Ces noms, empruntés au grec et au latin, ont l'incontestable avantage de pouvoir être introduits dans toutes les langues. Quant au reproche de barbarie qu'on a fait à plusieurs d'entre eux, il n'est pas, comme le remarque Delambre, d'une grande importance ; il porte principalement sur *hecto*, qu'on a employé par abréviation au lieu de *hécaton*, et sur *kilo*, dans lequel on a mis un *k*

à la place de *ch* dans le mot χίλοι employé par Homère. (*Iliade*, liv. v, vers 860, et liv. xiv, vers 148). Un tel reproche ne saurait guère ôter de mérite à l'une des plus belles entreprises des sciences. Non-seulement on a mesuré exactement un grand arc du méridien terrestre, mais on a trouvé le rapport entre la mesure adoptée et la longueur du pendule battant la seconde, dans le vide et au niveau moyen de la mer, dans différentes latitudes, de telle sorte que, quand même des tremblements de terre, des cataclysmes épouvantables viendraient à bouleverser notre planète et à détruire les étalons prototypes qui ont été déposés aux archives, une expérience faite avec le pendule reproduirait la valeur du mètre et rétablirait le système métrique décimal dans son invariabilité. Sans doute le problème que s'était proposé la première commission de l'Académie des Sciences de prendre pour le mètre exactement la dix-millionième partie du quart du méridien, n'a pas pu être résolu dans sa complète rigueur. On était pressé d'avoir la nouvelle mesure de longueur; il était urgent de ne pas tarder à remplacer les anciennes mesures par les nouvelles, afin de ne pas compromettre le succès d'une telle révolution dans les relations commerciales et domestiques. En conséquence on adopta comme ellipse méridienne de la Terre une ellipse qui correspondait à un aplatissement de $\frac{1}{334}$ et dont le quart avait une longueur de 5,130,740 toises. La dix-millionième partie de cette longueur donna pour la valeur du mètre $0^t.513074$ ou 3 pieds 11 lignes 296 millièmes de ligne, la toise, comme on sait, se divisant en 6 pieds, le pied en 12

pouces et le pouce en 12 lignes. La discussion de l'ensemble des mesures géodésiques a démontré que l'aplatissement de la Terre est de $\frac{1}{299.15}$ (liv. XX, chap. XXIII, t. III, p. 340). Cette modification a pour conséquence de donner pour la valeur du quart de l'ellipse méridienne 10,000,856 mètres au lieu de 10,000,000. Une fois ce fait connu, la valeur du mètre n'en a pas moins été bien déterminée et convenue ; elle est dans un rapport bien connu avec les dimensions de notre globe, et en outre, comme nous venons déjà de le dire, on pourra la retrouver en tout temps par des expériences rapides et faciles, quoique délicates, ainsi que nous l'avons vu dans le chapitre XII de ce livre.

L'Institut de France et le gouvernement de notre pays ont donné à cette occasion un grand et bel exemple au monde, exemple unique dans l'histoire des sciences : ils ont voulu qu'un congrès de savants de toutes les nations qui voudraient bien envoyer des députés, s'assemblât pour prendre connaissance de toutes les observations, de toutes les expériences déjà faites, pour les vérifier et les recommencer au besoin, pour s'assurer de l'exactitude de toutes les déterminations et de tous les calculs. Il nous sera permis de rapporter ici les noms de tous ceux qui ont pris part à cet immense travail à des degrés divers; nous allons citer des hommes illustres dans les sciences les plus variées, appartenant à des pays pour lesquels ce sera toujours une gloire d'avoir compris la grandeur du problème posé et d'avoir concouru généreusement et avec dévouement à sa solution. Les savants français qui ont fait des expériences ou des recherches

diverses pour la détermination du mètre, pour celle du kilogramme, pour la mesure de la méridienne et pour celle de la longueur du pendule battant la seconde sur le parcours de cette méridienne sont : Laplace, Lavoisier, Borda, Delambre, Méchain, Bellet, Berthollet, Brisson, Condorcet, Coulomb, Darcet, Haüy, d'Herbelot, Lagrange, Lefèvre-Gineau, Le Français de Lalande, Legendre, général Meunier, Monge, Plessis, Pommard, Prony, Tranchot, Vandermonde, Biot, Arago ; il faut y joindre les artistes Lenoir et Fortin, qui ont construit des appareils d'une perfection à jamais célèbre. Les savants étrangers qui ont pris part, soit aux opérations, soit à leur vérification, sont : Æneæ et van Swinden, députés de la république batave ; Balbo et Vassalli Eandi, du Piémont ; Bugge, Danois ; Alvarès, Bueno, Ciscar, Gonzales, Pedrayès, Planez, Chaix, Rodriguez, Espagnols ; Fabbroni, député de Toscane ; Franchini, député de la république romaine ; Mascheroni, député de la république cisalpine ; Multedo, député de la république ligurienne ; Trallès, député de la république helvétique. Plus tard, mon illustre ami, Alexandre de Humboldt, le capitaine anglais Kater, puis nos compatriotes Bouvard et Mathieu avec M. Biot et moi, ajoutèrent à toutes les observations déjà faites des observations complémentaires pour prolonger jusqu'en Angleterre et en Écosse, les opérations entreprises sur le continent. C'est ainsi que le système des mesures métriques et décimales qui, on doit l'espérer, finiront par être adoptées par tous les peuples, s'est rattaché aux plus hautes questions astronomiques ; son établissement a servi à confirmer les lois de l'attraction

universelle, en donnant une idée complétement exacte de la forme et des dimensions de notre globe.

CHAPITRE XV

CAUSE DE L'APLATISSEMENT DE LA TERRE

L'aplatissement de la Terre étant démontré et mesuré (liv. XX, chap. XXIII, t. III, p. 334), il faut encore en signaler la cause; il faut faire davantage, il faut tâcher d'en déterminer théoriquement la valeur. Une théorie n'a une sanction complète qu'autant qu'elle rend compte, dans leurs plus minutieux détails, des phénomènes observés. Dès que notre compatriote Richer eut découvert qu'un même corps, quelle qu'en soit la nature, pèse d'autant moins qu'on le transporte plus près de l'équateur terrestre, tout le monde en conclut que cela provenait de ce que la Terre, si elle était originairement liquide, devait son renflement à la force centrifuge tendant à éloigner les molécules fluides de l'axe autour duquel s'effectue la rotation diurne, cette force combinant ses effets avec l'attraction exercée sur chacune des molécules par la masse entière. Huygens et Newton ne s'arrêtèrent pas à ces vues générales, qui n'étaient encore que des hypothèses; ils calculèrent la différence du grand et du petit axe, l'excès du diamètre équatorial sur la ligne des pôles. Mais le calcul de Huygens se fondait sur des propriétés de la force attractive, hypothétiques et entièrement inadmissibles; celui de Newton sur un théorème non démontré et sur l'hypothèse que la Terre

primitive et fluide, avait une homogénéité parfaite. Lorsque, en cherchant à résoudre de grands problèmes, on admet de telles simplifications; lorsque, pour éluder des difficultés de calcul, on s'éloigne si essentiellement des conditions naturelles et physiques, les résultats se rapportent à un monde idéal, ils ne sont vraiment que des jeux d'esprit.

Pour appliquer l'analyse mathématique d'une manière utile à la détermination de la figure de la Terre, il fallait bannir toute hypothèse d'homogénéité, toute similitude obligée entre les formes des couches superposées et inégalement denses; il fallait examiner aussi le cas d'un noyau central solide. Cette généralité décuplait les difficultés du problème, mais elle n'arrêta pas deux géomètres français d'un rare génie. Grâce aux efforts de Clairaut et de d'Alembert, grâce à quelques développements essentiels dus à leurs successeurs immédiats, et particulièrement à l'illustre Legendre, la détermination théorique de la figure de la Terre a acquis toute la perfection désirable. Il règne maintenant le plus bel accord entre les résultats du calcul et ceux des mesures directes qui ont servi ainsi à donner une démonstration *a posteriori* des lois de l'attraction. La Terre a donc été originairement fluide, et c'est là la cause de son aplatissement.

CHAPITRE XVI

CAUSE DES PERTURBATIONS PRINCIPALES DU MOUVEMENT DE LA LUNE

La Lune, gravitant autour de la Terre, obéit aux lois de Kepler, ou, ce qui est la même chose, aux lois de l'attraction mutuelle de deux corps; s'il n'y avait pas d'autre force pour agir sur notre satellite, les principes de mécanique développés par Newton dans les *Principes de la philosophie naturelle*, rendraient compte de tous ses mouvements.

Mettons maintenant en action une seconde force; tenons compte de l'attraction que le Soleil exerce sur la Lune; au lieu de deux corps enfin, prenons-en trois, l'ellipse keplérienne ne donnera plus qu'une idée grossière du mouvement de notre satellite. Ici l'attraction du Soleil tendra à augmenter les dimensions de l'orbite lunaire, et les augmentera réellement; là, au contraire, elle les diminuera. En certains points, la force solaire agira dans le sens même où l'astre se déplace, et le mouvement deviendra plus rapide; ailleurs, l'effet sera inverse. En un mot, par l'introduction d'un troisième corps attractif, la plus grande complication, toutes les apparences du désordre succéderont à une marche simple, régulière, sur laquelle l'esprit se reposait avec complaisance.

Si Newton donna une solution complète de la question des mouvements célestes dans le cas de deux astres qui s'attirent l'un l'autre, il n'aborda même pas analytique-

ment le problème, infiniment plus difficile, des trois corps. Le problème des trois corps, c'est le nom sous lequel il est devenu célèbre, le problème de déterminer la marche d'un astre soumis à l'action attractive de deux autres astres, a été résolu pour la première fois par notre compatriote Clairaut. De cette solution datent les progrès qui ont été faits vers le perfectionnement de plus en plus complet des tables de la Lune, perfectionnement que Laplace, avec une sagacité sans pareille, avec une persévérance sans limite, rendit extrême. Les tables de la Lune fournissent pour une époque quelconque les positions de notre satellite et permettent de résoudre avec tant d'exactitude tous les problèmes de l'astronomie nautique, que l'on doit regarder Laplace comme un des bienfaiteurs de l'humanité, pour avoir donné le moyen de rendre certaines et rapides, par les éphémérides lunaires, les communications maritimes.

Nous avons indiqué précédemment les trois principales inégalités du mouvement de la Lune : l'évection, la variation, l'équation annuelle (liv. XXI, ch. III, t. III, p. 383). Le problème des trois corps les explique complétement. En effet, si le Soleil était à une distance infinie de la Terre et de la Lune, il opérerait sur ces deux corps également, et leur mouvement relatif n'en serait pas troublé. Mais la distance du Soleil, quoique très-grande par rapport à celle de la Terre à la Lune, n'est pas infinie : la Lune est alternativement plus près et plus loin du Soleil que la Terre, et la droite qui joint son centre à celui du Soleil forme des angles plus ou moins aigus avec le rayon vecteur terrestre. Le Soleil agit donc inégale-

ment et suivant des directions différentes, suivant les positions respectives des trois corps. De là la *variation* ou inégalité dans l'angle des rayons vecteurs de la Terre à la Lune et de la Terre au Soleil, et l'*évection* ou inégalité dans la distance de notre globe à son satellite. Les alternatives d'augmentation ou de diminution de la distance moyenne de la Lune à la Terre amènent des changements analogues dans la durée de sa révolution sidérale, qui constituent l'*équation annuelle*. Les lois de l'attraction universelle rendent un compte très-exact de ces trois perturbations, que l'observation avait fait connaître avant qu'aucune considération théorique eût pu en faire soupçonner l'existence.

CHAPITRE XVII

PERTURBATIONS DU MOUVEMENT DE LA LUNE PRODUITES PAR L'APLATISSEMENT DE LA TERRE

La Terre maîtrise la Lune dans sa course. La Terre est aplatie. Un corps aplati n'attire pas comme une sphère. Il doit donc y avoir dans le mouvement, nous avons presque dit dans l'allure de la Lune, une sorte d'empreinte de l'aplatissement terrestre. Telle fut, dans son premier jet, la pensée de Laplace.

Il restait encore à décider, là gisait surtout la difficulté, si les traits caractéristiques que l'aplatissement de la Terre devait donner au mouvement de notre satellite, étaient assez sensibles, assez apparents, pour ne pas se confondre avec les erreurs d'observation; il fallait aussi

trouver la formule générale de ce genre de perturbations, afin de pouvoir, comme dans le cas de la parallaxe solaire, dégager l'inconnue.

L'ardeur et la puissance analytique de Laplace surmontèrent tous les obstacles. A la suite d'un travail qui avait exigé des attentions infinies, le grand géomètre découvrit dans le mouvement lunaire, deux perturbations nettes et caractéristiques, dépendantes l'une et l'autre de l'aplatissement terrestre. La première affectait la portion du mouvement de notre satellite qui se mesure surtout avec l'instrument connu dans les observatoires sous le nom de lunette méridienne; c'est l'inégalité du mouvement de la Lune en *latitude*. La deuxième s'effectuant à peu près dans la direction nord et sud, ne devait guère se manifester que par les observations d'un second instrument, le cercle mural : c'est l'inégalité du mouvement lunaire en *longitude*.

Ces deux inégalités de valeurs très-différentes, mesurées avec deux instruments entièrement distincts, liées à la cause qui les produit par les combinaisons analytiques les plus diverses, ont cependant conduit l'une et l'autre au même aplatissement. L'aplatissement déduit ainsi des mouvements de la Lune, n'est pas, bien entendu, l'aplatissement particulier correspondant à telle ou telle contrée, l'aplatissement observé en France, en Angleterre, en Italie, en Laponie, dans l'Amérique du Nord, dans l'Inde, dans la région du cap de Bonne-Espérance; chacun de ces aplatissements particuliers porte l'empreinte des altérations que la courbure générale de la Terre a subies en divers temps et en divers lieux par

les soulèvements considérables dont la géologie est parvenue à tracer l'histoire. La Lune, et c'est là ce qui rend le résultat inappréciable, devait donner et elle a donné effectivement l'aplatissement général du globe, une sorte de moyenne entre les déterminations variées obtenues par les opérations géodésiques.

Quels sont les éléments qu'il a fallu mettre en parallèle pour arriver à des résultats exprimés jusqu'à la précision des plus petites décimales?

D'une part, des formules mathématiques déduites du principe de l'attraction universelle; de l'autre, certaines irrégularités observées dans les retours de la Lune au méridien.

Un géomètre observateur qui, depuis sa naissance, ne serait jamais sorti de son cabinet de travail, qui n'aurait jamais aperçu le ciel qu'à travers l'ouverture étroite et dirigée du nord au sud, dans le plan vertical de laquelle se meuvent les principaux instruments astronomiques; à qui jamais rien n'aurait été révélé concernant les astres roulant au-dessus de sa tête, si ce n'est qu'ils s'attirent les uns les autres suivant la loi newtonienne, serait cependant arrivé, à force de science analytique, à découvrir que son humble, son étroite demeure appartenait à un globe aplati, ellipsoïdal, dont l'axe équatorial surpassait l'axe des pôles ou de rotation de un trois-centième environ.

CHAPITRE XVIII

PARALLAXE SOLAIRE DÉDUITE DES PERTURBATIONS DU MOUVEMENT DE LA LUNE

Nous avons vu précédemment (chap. II, p. 9) comment les lois de l'attraction universelle, combinées avec la mesure de la vitesse de la chute des corps à la surface de la Terre, vitesse que l'on obtient par l'observation des oscillations du pendule, donne une vérification exacte de la théorie. Les observations de la parallaxe de la Lune et du pendule (liv. XXI, chap. IX, t. III, p. 401) pourraient donc conduire réciproquement à calculer la grandeur de notre planète et sa distance à la Lune, sans que l'astronome eût besoin de sortir de son observatoire. Laplace a montré que le même astronome pouvait aussi obtenir, sans entreprendre de longs et pénibles voyages, la distance de la Terre au Soleil.

En effet, le Soleil est pour notre satellite la cause de perturbations qui, évidemment, dépendent de la distance de l'immense globe enflammé à la Terre. Qui ne voit que ces perturbations diminueraient si la distance augmentait; qu'elles augmenteraient, au contraire, si la distance diminuait; que la distance enfin en règle la grandeur?

L'observation donne la valeur numérique de ces perturbations; la théorie, d'autre part, dévoile la relation générale mathématique qui les lie à la distance solaire et à d'autres éléments connus. Quand on est parvenu à ce terme, la détermination du rayon moyen de l'orbite terrestre devient une des opérations les plus simples de l'al-



gèbre. Telle est la combinaison heureuse à l'aide de laquelle Laplace a résolu le célèbre problème de la parallaxe; c'est ainsi que l'ingénieux géomètre a trouvé 8″.61 pour l'angle que le rayon de la Terre, vu perpendiculairement, sous-tendrait du Soleil. Le lecteur reconnaîtra (liv. XX, chap. XXX, t. III, p. 367) que ce nombre ne diffère pas sensiblement des résultats obtenus par les observations des passages de Vénus sur le disque solaire. Un tel accord est une des preuves les plus frappantes de l'attraction universelle.

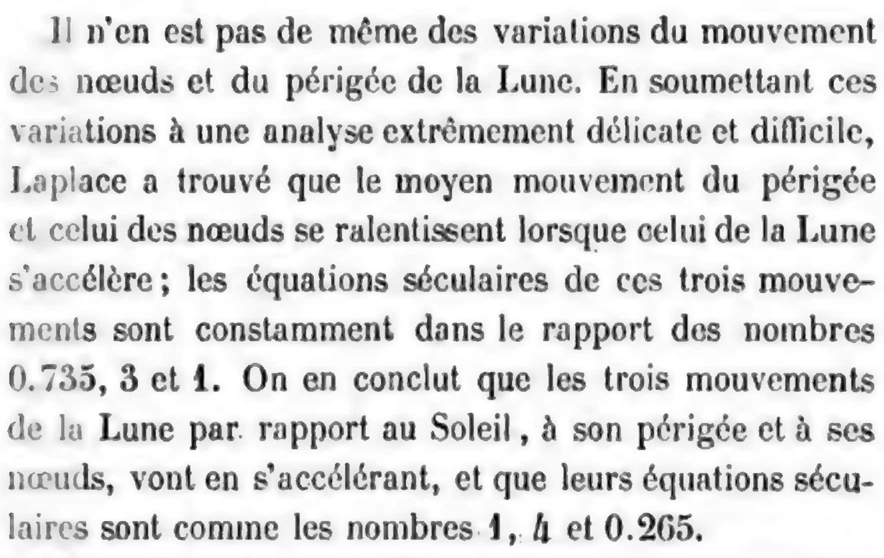
CHAPITRE XIX

DE L'INÉGALITÉ SÉCULAIRE DU MOUVEMENT DE LA LUNE

La Terre est une planète dont les mouvements autour du Soleil dépendent de l'attraction qu'exerce le globe qui nous éclaire, mais sont aussi influencés par l'attraction des autres planètes. De là il résulte des perturbations (chap. IV, p. 19) qui laissent invariable le grand axe de son orbite, mais qui amènent des changements dans l'excentricité, dans la position de l'écliptique, dans les mouvements des nœuds et des périhélies. Les perturbations du mouvement de la Terre se reflètent sur l'orbite lunaire. L'action perturbatrice du Soleil sur la Lune contient un terme qui dépend de l'excentricité de l'orbite terrestre; il en résulte que le mouvement de notre satellite s'accélère chaque année, quand l'excentricité de l'orbite de la Terre diminue, ce qui a lieu depuis les observations anciennes jusqu'à nos jours : cette accélération se changera en retardement, lorsque l'excentricité

parvenue à son minimum cessera de diminuer pour commencer à croître. Cette inégalité dans le moyen mouvement de notre satellite porte le nom d'inégalité séculaire; quoique très-petite, elle rend beaucoup plus sensible la diminution de l'excentricité de l'orbite terrestre que celle-ci ne l'est par elle-même. Halley a remarqué le premier cette inégalité; Dunthorne et Mayer ont confirmé son existence par une discussion approfondie des observations modernes et des éclipses observées par les Chaldéens et par les Arabes. Plusieurs astronomes, qui ne pouvaient l'expliquer, avaient pris le parti commode de la nier. Laplace a montré qu'elle dépendait simplement des lois de l'attraction universelle.

L'action moyenne du Soleil sur la Lune dépend encore de l'inclinaison de l'orbe lunaire à l'écliptique; on pourrait croire que la position de l'écliptique étant variable, il doit en résulter dans le mouvement de notre satellite des inégalités séculaires semblables à celle qu'y produit la variation de l'excentricité de l'orbite terrestre. Mais Laplace a reconnu par l'analyse, et cela est confirmé par toutes les observations, que l'orbe lunaire est ramené sans cesse par l'action du Soleil, à la même inclinaison sur celui de la Terre; en sorte que les plus grandes et les plus petites déclinaisons de la Lune sont assujetties, en vertu des variations séculaires de l'obliquité de l'écliptique, aux mêmes changements que les déclinaisons semblables du Soleil. L'excentricité de l'orbite lunaire et son grand axe n'éprouvent pareillement que des altérations insensibles par les changements de l'excentricité de l'orbite terrestre.



Il n'en est pas de même des variations du mouvement des nœuds et du périgée de la Lune. En soumettant ces variations à une analyse extrêmement délicate et difficile, Laplace a trouvé que le moyen mouvement du périgée et celui des nœuds se ralentissent lorsque celui de la Lune s'accélère ; les équations séculaires de ces trois mouvements sont constamment dans le rapport des nombres 0.735, 3 et 1. On en conclut que les trois mouvements de la Lune par rapport au Soleil, à son périgée et à ses nœuds, vont en s'accélérant, et que leurs équations séculaires sont comme les nombres 1, 4 et 0.265.

« Les siècles à venir, dit Laplace, développeront ces grandes inégalités qui produiront un jour des variations au moins égales au quarantième de la circonférence, dans le mouvement séculaire de la Lune, et au treizième de la circonférence, dans celui du périgée. Ces inégalités ne sont pas toujours croissantes : elles sont périodiques, comme celles de l'excentricité de l'orbe terrestre dont elles dépendent, et elles ne se rétablissent qu'après des millions d'années. Elles doivent altérer à la longue les périodes imaginées pour embrasser des nombres entiers de révolutions de la Lune, par rapport à ses nœuds, à son périgée et au Soleil. »

CHAPITRE XX

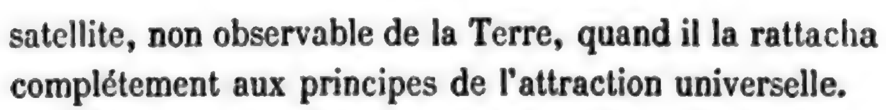
CAUSE DE LA LIBRATION DE LA LUNE

Le firmament n'offre aux esprits réfléchis rien de plus curieux, de plus étrange que l'égalité des mouvements

moyens angulaires de révolution et de rotation de notre satellite. A cause de cette égalité parfaite, la Lune présente toujours le même côté à la Terre (liv. XXI, ch. X, XI et XXIX, t. III, p. 406, 423 et 486). L'hémisphère que nous voyons aujourd'hui est précisément celui que voyaient nos ancêtres aux époques les plus reculées; c'est exactement l'hémisphère qu'observeront nos arrière-neveux.

Les causes finales dont certains philosophes ont usé avec si peu de réserve pour rendre compte d'un grand nombre de phénomènes naturels, étaient, dans le cas particulier que nous signalons, sans application possible. Comment prétendre, en effet, que les hommes pourraient avoir un intérêt quelconque à apercevoir sans cesse le même hémisphère de la Lune, à ne jamais entrevoir l'hémisphère opposé? D'autre part, une égalité parfaite, mathématique, entre des éléments sans liaison nécessaire, tels que les mouvements de translation et de rotation d'un corps céleste donné, ne choquait pas moins les idées de probabilité. Il y avait d'ailleurs deux autres coïncidences numériques tout aussi extraordinaires : une orientation identique, relativement aux étoiles, de l'équateur et de l'orbite de la Lune ; des mouvements de précession de ces deux plans, exactement égaux. Cet ensemble de phénomènes singuliers, découverts par J.-D. Cassini, constituait le code mathématique de ce qu'on a appelé la libration de la Lune.

La libration était encore une vaste et très-fâcheuse lacune de l'astronomie physique, quand Lagrange la fit dépendre d'une circonstance, dans la figure de notre



satellite, non observable de la Terre, quand il la rattacha complétement aux principes de l'attraction universelle.

A l'époque où la Lune se solidifia, elle prit, sous l'action de la Terre, une forme moins régulière, moins simple que si aucun corps attractif étranger ne s'était trouvé à proximité. L'action de notre globe rendit elliptique un équateur qui, sans cela, aurait été circulaire. Cette action n'empêcha pas l'équateur lunaire d'être partout renflé, mais la proéminence du diamètre équatorial dirigé vers la Terre, devint quatre fois plus considérable que celle du diamètre que nous voyons perpendiculairement.

La Lune s'offrirait donc à un observateur situé dans l'espace et qui pourrait l'examiner transversalement comme un corps allongé vers la Terre, comme une sorte de pendule sans point de suspension. Quand un pendule est écarté de la verticale, l'action de la pesanteur l'y ramène; quand le grand axe de la Lune s'éloigne de sa direction habituelle, la Terre le force également à y revenir.

Voilà donc l'étrange phénomène complétement expliqué, sans recourir à une égalité, en quelque sorte miraculeuse, entre deux mouvements de rotation et de translation entièrement indépendants. Les hommes ne verront jamais qu'une face de la Lune. Les observations nous l'avaient appris; maintenant nous savons de plus que cela est dû à une cause physique calculable et visible seulement avec les yeux de l'esprit; que cela est dû à l'allongement qu'un diamètre de la Lune éprouva, quand l'astre passa de l'état liquide à l'état solide, sous l'action attractive de la Terre.

S'il avait existé, à l'origine, une petite différence entre les mouvements de rotation et de révolution de la Lune, l'attraction de la Terre aurait amené ces mouvements à à une égalité rigoureuse. Cette attraction eût de même suffi pour faire disparaître un léger défaut de coïncidence entre les lignes résultant des intersections de l'équateur et de l'orbite lunaires avec le plan de l'écliptique.

CHAPITRE XXI

DE LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES ET DE LA NUTATION DE L'AXE DE LA TERRE

Nous avons vu que l'aplatissement de la Terre marque son influence dans les mouvements de la Lune ; cet aplatissement ne doit-il pas aussi laisser son empreinte dans les mouvements mêmes de notre globe? C'est ce que démontre l'examen attentif de deux phénomènes dont la découverte fait le plus d'honneur aux astronomes, la précession des équinoxes et la nutation de l'axe de la Terre.

Le lecteur sait que l'équinoxe de printemps est le point de l'équateur que le Soleil rencontre quand il va sur l'écliptique du midi au nord, et que l'équinoxe d'automne est le point diamétralement opposé par lequel passe ce même astre quand il va du nord au midi. Le diamètre aux extrémités duquel se trouvent ces deux points sur la sphère étoilée est l'intersection du plan de l'écliptique avec le plan de l'équateur du monde, ce dernier plan étant mené perpendiculairement à l'axe des pôles autour

duquel s'effectuent la rotation apparente de la sphère céleste, la rotation réelle diurne de la Terre. La précession des équinoxes consiste, comme nous l'avons vu (liv. VII, chap. IV, t. I, p. 263), en ce que le diamètre dont nous parlons change tous les ans de 50″.3, par un mouvement dirigé de l'orient à l'occident; il en résulte que chaque année l'époque à laquelle arrive l'équinoxe du printemps précède d'une certaine quantité celle à laquelle il serait arrivé, si le phénomène dont nous nous occupons n'avait pas lieu. Le mouvement de précession s'exécute parallèlement au plan de l'écliptique, et par conséquent il n'altère pas les latitudes des étoiles; il modifie les ascensions droites, les déclinaisons et les longitudes (liv. VII, chap. IV, t. I, p. 280), parce qu'il n'a pas lieu parallèlement à l'équateur et que le point de départ des ascensions droites et des longitudes est précisément l'équinoxe de printemps qui varie chaque année.

A cause de la précession des équinoxes, ce ne sont pas toujours les mêmes groupes étoilés, les mêmes constellations qu'on aperçoit au firmament pendant les nuits de chaque saison. Dans la suite des siècles, les constellations actuelles d'hiver deviendront des constellations d'été, et réciproquement.

A cause de la précession des équinoxes, le pôle n'occupe pas constamment la même place dans la sphère étoilée. L'astre assez brillant qu'on nomme aujourd'hui la Polaire, était jadis fort éloigné du pôle; il s'en retrouvera de nouveau éloigné dans quelques siècles. La dénomination de polaire a été et sera donnée successivement

à des étoiles très-distantes les unes des autres, telles que γ et α de Céphée, δ du Cygne, α de la Lyre, ι d'Hercule, α du Dragon, ainsi qu'on peut le voir sur la carte céleste de l'hémisphère boréal (fig. 102, t. I, p. 336). Le mouvement du pôle s'accomplit en 25,765 ans, si on admet 50″.3 pour la valeur de la précession des équinoxes donnée par les plus récentes observations, et 25,870 ans si on prend 50″ pour exprimer la précession en nombre rond.

C'est à Hipparque que revient l'honneur de la découverte de la précession des équinoxes; il signala toutes les conséquences de ce mouvement avec une parfaite netteté.

Pour expliquer le mouvement de précession, deux théories se présentent à l'esprit; l'une consiste à supposer, dans l'hypothèse de l'immobilité de la Terre, que la ligne d'intersection de son équateur avec l'écliptique reste fixe et que l'ensemble des étoiles éprouve de l'orient à l'occident un déplacement d'environ 50″ par an. Dans l'autre supposition, l'axe du monde circulerait autour du pôle de l'écliptique en entraînant l'équateur qui lui est perpendiculaire, et dès lors en changeant tous les ans de 50″ la direction de l'intersection de ce plan avec le plan de l'écliptique.

Quand on a eu le malheur, en cherchant l'explication des phénomènes naturels, de s'engager dans une fausse route, chaque observation précise jette le théoricien dans de nouvelles complications. Sept sphères de cristal emboîtées ne suffirent plus à la représentation des phénomènes, aussitôt que l'illustre astronome de Rhodes eut découvert la précession. Il fallut alors une huitième

sphère pour rendre compte d'un mouvement auquel toutes les étoiles participent à la fois.

Après avoir arraché la Terre à sa prétendue immobilité, Copernic, au contraire, satisfit d'une manière très-simple aux circonstances les plus minutieuses de la précession. Il supposa que l'axe de rotation de la Terre ne reste pas exactement parallèle à lui-même; qu'après chaque révolution entière de notre globe autour du Soleil cet astre s'est dévié d'une petite quantité; en un mot, au lieu de faire marcher d'une certaine manière l'ensemble des étoiles circompolaires à la rencontre du pôle, il fit marcher le pôle à la rencontre des étoiles. Cette hypothèse débarrassa le mécanisme du monde de la plus grande complication que l'esprit de système y eût introduite.

Mais la précession des équinoxes ne s'effectue pas aussi simplement qu'on l'avait supposé avant l'invention des lunettes. Après avoir appliqué aux positions des étoiles les corrections dépendantes de l'aberration de la lumière, Bradley parvint à mettre en évidence des variations consistant en ce qu'une même étoile, après s'être rapprochée du pôle boréal, s'en éloigne ensuite; il vit que les changements lents observés pour une certaine étoile s'accordaient avec ceux de même nature observés pour toutes les autres. L'illustre astronome pensa que ces variations devaient provenir de ce que l'axe de la Terre éprouvait une oscillation de part et d'autre de sa position moyenne. Cette oscillation périodique a été nommée la *nutation*.

Voilà donc une nouvelle complication dans la marche de la Terre à travers l'espace dans sa course annuelle

autour du Soleil, et sa rotation diurne autour de l'axe de ses pôles. Supposons que S étant le Soleil, la courbe MN soit l'écliptique (fig. 321) et EE la ligne équinoxiale ou

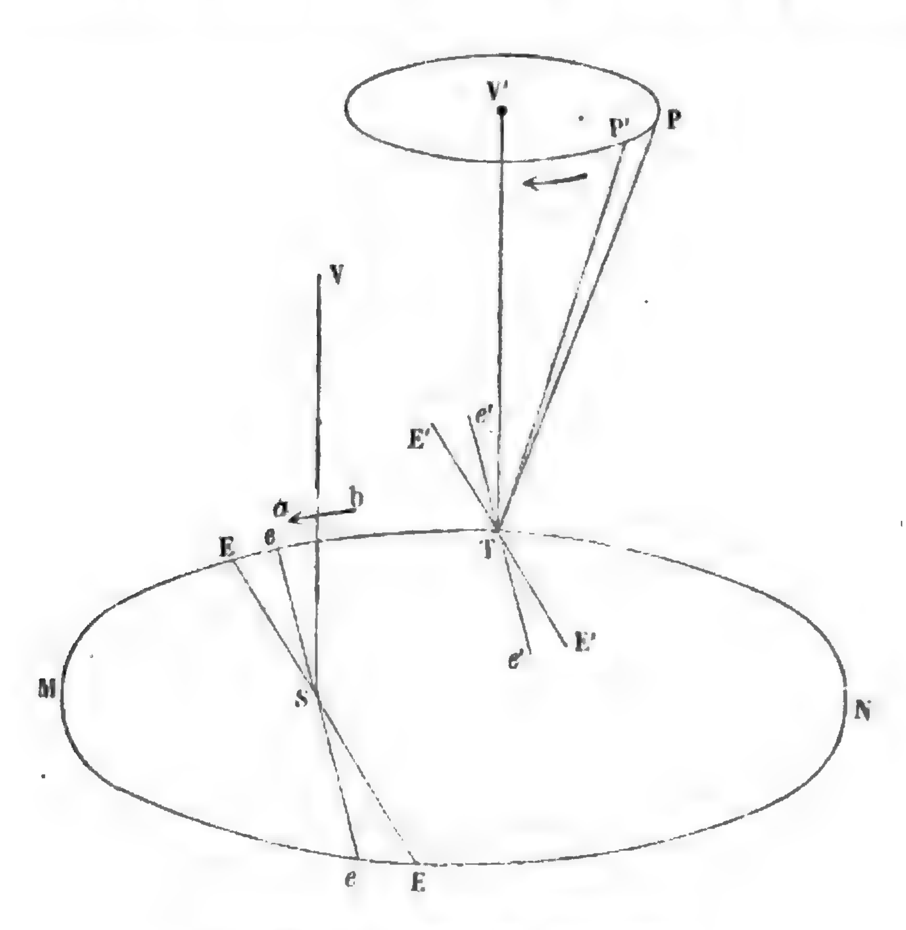
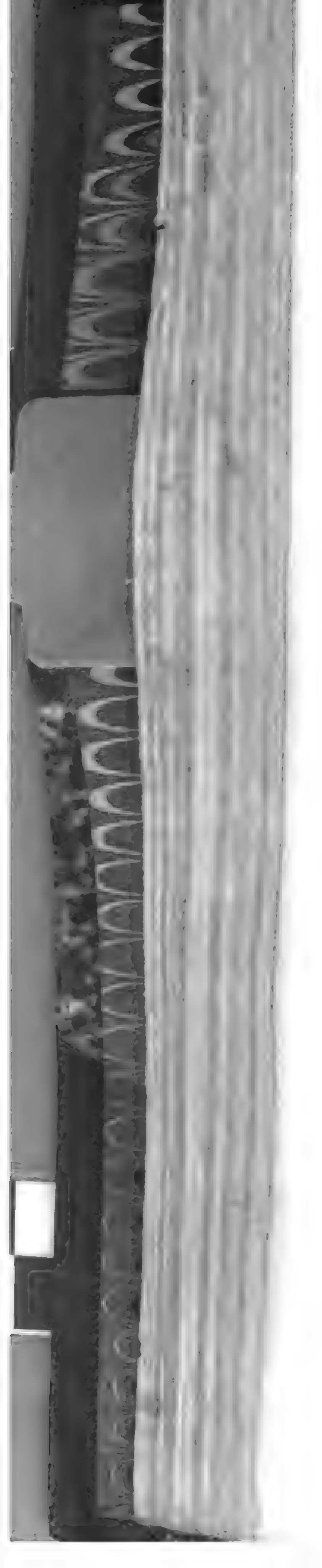


Fig. 321. — Précession des équinoxes.

l'intersection du plan de l'écliptique avec le plan de l'équateur du monde; menons une perpendiculaire SV au plan MN; cette perpendiculaire sera l'axe de l'écliptique. Supposons la Terre en T en un moment donné; menons par le point T une parallèle TV′ à SV; l'axe de rotation de la Terre sera alors une ligne TP, l'angle V′TP étant la valeur de l'inclinaison de l'équateur terrestre sur l'écliptique; la ligne E′E′ parallèle à EE sera la trace de l'équateur terrestre dans l'écliptique.

Eh bien, si le phénomène de la précession des équinoxes n'avait pas lieu, lorsque la Terre dans sa course autour du Soleil dans le sens de la flèche *ab*, reviendrait



en T, un an après l'instant d'abord considéré, l'axe des pôles de notre globe se retrouverait en TP. Il n'en est pas ainsi, et c'est là la découverte d'Hipparque. L'axe des pôles terrestres est après un an TP′; par conséquent la trace de l'équateur terrestre est nécessairement *e′ e′*, et la ligne équinoxiale *e e*, parallèle à *e′ e′*, a rétrogradé. En outre, l'angle V′TP′ fait par l'axe des pôles terrestres avec l'axe des pôles de l'écliptique, ne reste pas absolument égal à lui-même. Cet angle tend en moyenne à diminuer quelque peu, à devenir moindre que la valeur observée au milieu de ce siècle ou que 23° 27′ 30″; sa variation séculaire est de 48″, par conséquent sa variation annuelle de 0″.48. Mais en outre, cet angle éprouve une variation autour de la valeur moyenne qu'il a pendant un siècle. Il s'écarte tantôt en plus, tantôt en moins de la valeur moyenne d'une quantité qui s'élève jusqu'à 9″.65. Au lieu de décrire sur la sphère étoilée une courbe GH (fig. 322) autour du pôle V′ de l'écliptique dans un temps de 25,000 à 26,000 ans, le pôle P rétrograde en tournant sur une petite ellipse *xrys* dans l'espace d'environ 18 ans deux tiers; le grand axe de cette ellipse *rs* est de 19″.3 et son petit axe *xy* de 14″.4. Le pôle revient en *s* chaque fois que le nœud ascendant de la Lune se trouve à l'équinoxe du printemps (liv. XXI, chap. I, t. III, p. 377), et on voit là une analogie de mouvements qui doit faire penser qu'il y a peut-être identité entre les causes qui les produisent. La nutation de l'axe de la Terre consiste en ce que cet axe au lieu d'être dirigé suivant TP l'est successivement suivant les lignes T*s*, T*x*, T*r*, T*y* et les lignes intermédiaires. L'angle

que fait le plan dans lequel la Lune se meut avec le plan de l'écliptique subit aussi une petite variation. Au lieu d'être constamment 5° 8′ 47″.9 (liv. XXI, chap. X, t. III, p. 411), l'angle que l'axe lunaire fait avec l'axe de l'écliptique est un angle un peu plus grand ou un peu plus petit, comme l'a découvert Tycho-Brahé. Les limites extrêmes sont de 17′ 34″, et la rotation autour de la position moyenne s'effectue deux fois en 29 jours et demi environ. C'est là ce qui constitue la nutation de l'axe de la Lune, tout à fait analogue à la nutation de l'axe de la Terre.

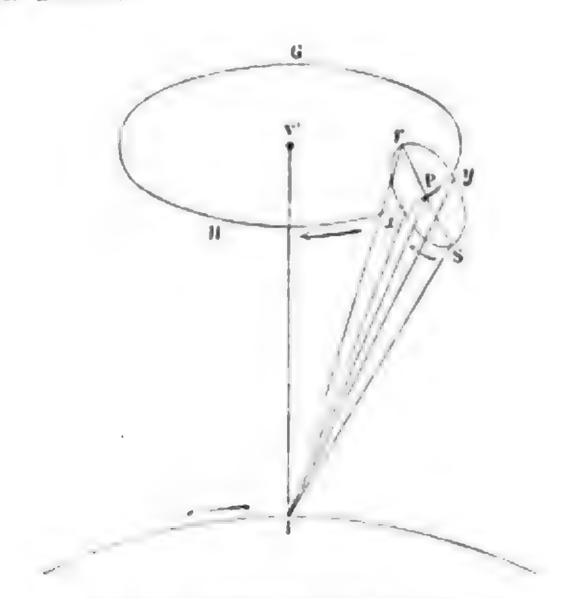
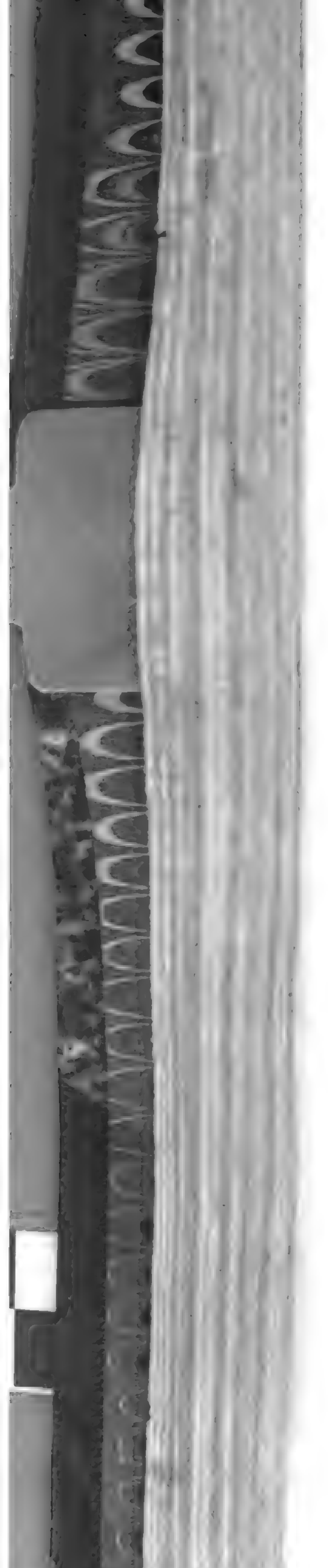


Fig. 322. — Nutation de l'axe de la Terre.

L'attraction universelle rend facilement compte de la rétrogradation des nœuds de la Lune et de la nutation de son axe. En effet, la Lune étant alternativement, dans son mouvement autour de la Terre, plus éloignée et plus rapprochée du Soleil, il en résulte une perturbation évidente qui affecte les éléments de son mouvement. Le



calcul basé sur la théorie reproduit toutes les circonstances du phénomène, telles que les donne l'observation.

L'attraction universelle est-elle aussi la force motrice qui, modifiant chaque année la position de l'axe du monde, lui fait décrire en 25,000 à 26,000 ans un cercle entier d'à peu près 47 degrés de diamètre?

Newton devina que cette force provenait de l'action du Soleil et de la Lune sur les matières qui, dans les régions équatoriales, s'élèvent au-dessus d'une sphère dont le centre coïnciderait avec celui de la Terre, et qui aurait pour rayon la ligne menée de ce même centre à l'un des pôles : ainsi, il fit dépendre la précession des équinoxes de l'aplatissement du globe; il déclara que sur une planète sphérique aucune précession n'existerait.

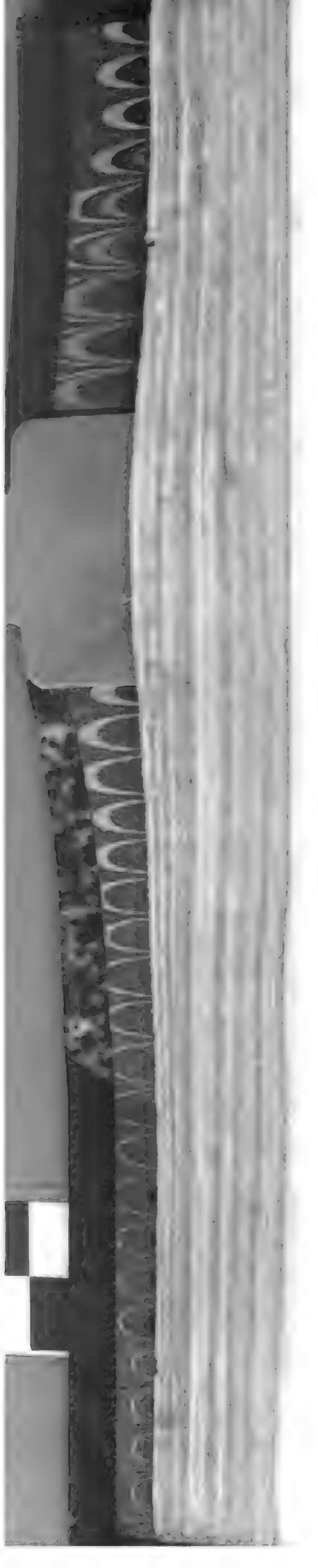
Tout cela était vrai, mais Newton ne parvint pas à l'établir mathématiquement. Or, ce grand homme avait introduit dans la philosophie cette règle sévère et juste : ne tenez pour certain que ce qui est démontré. La démonstration des idées newtoniennes sur la précession des équinoxes fut donc une grande découverte, et c'est à d'Alembert qu'en revient la gloire. Il a montré que la partie renflée de la Terre formant une sorte de bourrelet au-dessus de la sphère qui a pour diamètre la ligne des pôles, doit éprouver de la part du Soleil un mouvement rétrograde qui entraîne le reste du globe dans un mouvement général en vertu duquel l'axe polaire revient aux mêmes étoiles en 25,000 à 26,000 ans.

D'Alembert a rattaché aussi à l'attraction la perturbation de la précession découverte par Bradley et que nous avons nommée la nutation de l'axe de la Terre. Il a fait

voir que cet axe doit éprouver sans cesse, en vertu de l'action exercée par la Lune sur la partie renflée de notre globe, une oscillation dont la période est exactement égale, comme nous l'avons dit, au temps (18 ans 2/3) que l'intersection de l'orbite de la Lune et de l'écliptique emploie à parcourir les 360 degrés de la circonférence entière.

Ainsi, tandis que le Soleil agissant sur la partie renflée de la Terre produit la précession, la Lune, par une action analogue, produit la nutation. D'Alembert, et après lui Euler, ont donné une solution mathématique satisfaisante du problème de mécanique posé par Newton. Toutefois les deux illustres géomètres avaient entièrement laissé de côté certaines circonstances physiques qui ne semblaient pas pouvoir être négligées sans examen. Laplace a rempli cette lacune. Il a montré que la mer, malgré sa fluidité, que l'atmosphère, malgré ses courants, influent l'une et l'autre sur les mouvements de l'axe de la Terre ou de l'équateur, comme si elles formaient des masses solides adhérentes au sphéroïde terrestre. Ce n'est qu'en tenant compte de cette action que la théorie de la précession et de la nutation devint tout à fait complète. On doit d'ailleurs remarquer que l'action des planètes change continuellement la position du plan de l'orbite de la Terre, modifie son inclinaison sur l'équateur, et tend à donner un mouvement direct aux équinoxes. Le Soleil et la Lune en agissant sur la partie aplatie du globe, changent les lois des perturbations produites par les planètes qui gravitent avec la Terre autour de l'astre radieux.





CHAPITRE XXII

FIXITÉ DES PÔLES DE LA TERRE

L'axe autour duquel notre globe fait un tour entier chaque vingt-quatre heures, perce-t-il constamment le sphéroïde terrestre aux mêmes points matériels? En d'autres termes, les pôles de rotation qui, d'année en année, correspondent à des étoiles différentes, se déplacent-ils aussi à la surface de la Terre? Dans le cas de l'affirmative, l'équateur se promène comme les pôles; les latitudes terrestres sont variables; aucune contrée, pendant la suite des siècles, ne jouira, même en moyenne, d'un climat constant; les régions les plus diverses pourront tour à tour devenir circompolaires; les terribles effets que j'ai signalés précédemment (liv. XX, ch. XXV, t. III, p. 348), se produiront à la surface de notre planète. Adoptez la supposition contraire, et tout prend le caractère d'une permanence admirable.

La question que je viens de soulever, une des plus capitales de l'astronomie, ne saurait être résolue d'après les seules observations, tant les anciennes latitudes terrestres sont incertaines. Laplace y a suppléé par l'analyse mathématique : le grand géomètre a démontré qu'aucune cause liée à l'attraction universelle ne doit déplacer sensiblement, sur la surface du sphéroïde terrestre, l'axe autour duquel le monde paraît tourner. La mer, loin d'être un obstacle à la constante rotation de notre globe autour d'un même axe, ramènerait au con-

traire cet axe à un état permanent, à raison de la mobilité des eaux et des résistances que leurs oscillations éprouvent.

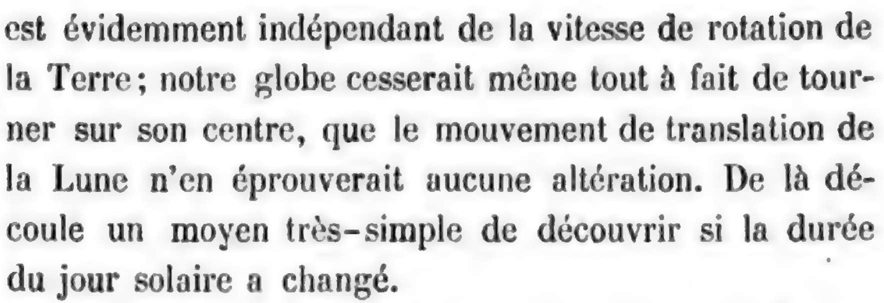
CHAPITRE XXIII

CONSTANCE DE LA DURÉE DU JOUR

Les conséquences que je viens d'indiquer sur la fixité des pôles de notre globe doivent être étendues à la durée du mouvement de rotation de la Terre, qui est l'unité, le véritable étalon du temps. L'importance de cet élément a conduit Laplace à rechercher numériquement s'il pourrait être altéré par des causes intérieures, telles que des tremblements de terre et des volcans. Le résultat a été complétement négatif. Je vais du reste donner quelques détails sur la méthode à l'aide de laquelle l'illustre géomètre a établi la constance de la durée du jour.

Un jour solaire moyen est égal au temps que la Terre emploie à faire une révolution complète sur elle-même, augmenté du mouvement moyen apparent du Soleil dans ce même intervalle. La théorie a prouvé que le mouvement moyen apparent du Soleil, comme celui de toutes les planètes, est constant. La durée du jour solaire ne pourra donc varier que par un changement dans la vitesse de rotation de la Terre.

On appelle mois lunaire l'intervalle de temps que la Lune emploie à revenir à la même position relativement au Soleil, à sa conjonction, par exemple. Cet intervalle



est évidemment indépendant de la vitesse de rotation de la Terre; notre globe cesserait même tout à fait de tourner sur son centre, que le mouvement de translation de la Lune n'en éprouverait aucune altération. De là découle un moyen très-simple de découvrir si la durée du jour solaire a changé.

Supposons, en effet, qu'on détermine maintenant, par des observations directes, la durée d'un mois lunaire, c'est-à-dire combien de jours et de fractions de jour la Lune emploie à revenir à sa conjonction avec le Soleil. Il est clair qu'en répétant cette observation à une autre époque, on trouvera un résultat différent si la durée du jour n'a pas été constante, alors même que, dans l'intervalle, la vitesse de la Lune n'aura pas changé : le mois paraîtra plus long, par exemple, si la durée du jour a diminué, et plus court, au contraire, si le jour est devenu plus long. La constance du mois lunaire serait l'indice de l'invariabilité de la durée du jour. Or, toutes les observations concourent à prouver que depuis les Chaldéens jusqu'à nous, la durée du mois lunaire a été graduellement en diminuant. Il faut donc, d'après ce qui précède, ou que la vitesse de la Lune se soit accrue, ou que le jour solaire soit devenu plus long. Mais Laplace a découvert par la théorie, ainsi que nous l'avons vu, qu'il y a, dans le mouvement de la Lune, une inégalité connue sous le nom d'*équation séculaire*, qui dépend de la variation d'excentricité de l'orbe terrestre, et dont la valeur, dans chaque siècle, peut être déduite de ce changement d'excentricité. A l'aide de cette équation séculaire, on rend parfaitement compte de l'accroisse-

ment de la vitesse de la Lune. Il n'y a donc plus aucun motif de supposer que la durée du jour n'est pas sensiblement constante.

Admettons, en effet, pour un moment, comme l'a fait Laplace, que cette durée surpasse maintenant d'un centième de seconde celle du temps d'Hipparque. La durée du siècle actuel ou de 36,525 jours solaires, serait donc plus longue qu'il y a deux mille ans (on sait qu'Hipparque vivait environ cent vingt ans avant notre ère) de 365ˢ.25. Dans cet intervalle de temps, la Lune décrit un arc de 3′ 19″. Cette quantité exprimerait donc la différence entre les arcs parcourus par la Lune, dans un siècle, à l'époque actuelle et du temps d'Hipparque; or, comme ces arcs, déterminés par l'observation et corrigés de l'équation séculaire, ne diffèrent pas d'une aussi grande quantité, on doit en conclure que, dans ce long intervalle, la durée du jour n'a pas varié d'un centième de seconde.

CHAPITRE XXIV

DES MARÉES

Les marées, ce phénomène qu'un ancien appelait avec désespoir le *tombeau de la curiosité humaine*, ont été rattachées par Laplace à une théorie analytique dans laquelle les conditions physiques de la question figurent pour la première fois. Aussi, les calculateurs, à l'immense avantage de la navigation sur nos côtes maritimes, se hasardent-ils aujourd'hui à prédire plusieurs années d'avance les circonstances d'heure et de hauteur des

grandes marées, sans plus d'inquiétude sur le résultat que s'il s'agissait des phases d'une éclipse.

Il existe entre les phénomènes du flux et du reflux de la mer, et les actions attractives que le Soleil et la Lune exercent sur la nappe liquide qui recouvre environ les trois quarts du globe, une liaison intime, nécessaire, d'où Laplace, en s'aidant de vingt années d'observations de l'heure et de la hauteur de la marée à Brest, a pu réciproquement faire surgir une valeur très-approchée de la masse de notre satellite. Nous ne connaissons qu'un moyen d'ajouter à l'admiration profonde que tous les esprits attentifs éprouveront sans doute pour des théories susceptibles de pareilles conséquences. Une citation historique nous le fournira : nous rappellerons qu'en 1631, dans ses célèbres *Dialogues*, l'illustre Galilée était tellement éloigné de prévoir les liaisons mathématiques d'où Laplace a déduit des résultats si beaux, si évidents, si utiles, qu'il taxait d'ineptie la vague pensée que Kepler avait eue, d'attribuer à l'action lunaire une certaine part dans les mouvements journaliers et périodiques des flots de la mer. Kepler expliquait le flux et le reflux de l'Océan par les changements diurnes que la rotation de la Terre, combinée avec sa révolution autour du Soleil, produit dans le mouvement absolu de chaque molécule liquide. Le grand Newton fit jaillir la lumière de cet aperçu de Kepler en rattachant le premier le flux et le reflux des eaux de la mer à sa théorie de l'attraction universelle. Newton considéra la mer comme un fluide de même densité que la Terre; il supposa qu'il la recouvre complétement, et alors il montra que ce fluide doit prendre sous

l'action du Soleil la figure d'un ellipsoïde dont le grand axe est dirigé constamment vers l'astre radieux ; la plus grande hauteur de la mer dans chaque port, le Soleil étant supposé à l'équateur, doit arriver à midi et à minuit; le plus grand abaissement des eaux de l'Océan doit avoir lieu au lever et au coucher de cet astre. Il est facile de se rendre compte de cette action. Si le Soleil animait de forces égales et parallèles les molécules de la mer, le globe tout entier et les eaux qui le recouvrent, obéiraient à ces forces d'un mouvement commun, et l'équilibre de l'Océan ne serait point troublé. Mais il n'en est pas ainsi : une molécule de la mer placée en conjonction par rapport au Soleil et au centre de la Terre, est plus attirée que le centre de notre globe par le Soleil ; sa pesanteur à la surface de la Terre en est ainsi diminuée. Un demi-jour après, cette molécule se trouve en opposition avec le Soleil qui l'attire alors plus faiblement, et la force qui attache la molécule à la surface de la Terre est encore diminuée par l'attraction solaire ; à cause de la grandeur de la distance du Soleil à la Terre, relativement au rayon terrestre, la diminution de la pesanteur dans les deux cas est à peu près la même.

L'action de la Lune sur la mer y produit un ellipsoïde semblable à celui que produit l'action du Soleil, mais il est plus allongé parce que l'action lunaire est plus puissante.

On comprend que si les deux actions du Soleil et de la Lune s'ajoutent ou se retranchent, il peut en résulter de grandes et de petites marées. En effet, si la Lune est en conjonction ou en opposition, c'est-à-dire dans les

syzygies, les axes des deux ellipsoïdes coïncident et on doit avoir la plus grande haute mer; au contraire, quand la Lune est dans ses quadratures, les axes des deux ellipsoïdes sont perpendiculaires l'un sur l'autre, et les deux effets se contrarient. A toute époque comprise entre les syzygies et les quadratures, les axes des deux ellipsoïdes font entre eux un angle aigu, et l'action du Soleil et celle de la Lune se combinent alors de telle sorte que la surface de la mer prend la forme d'un ellipsoïde ayant son axe de figure compris dans cet angle aigu et plus rapproché de l'axe de l'ellipsoïde lunaire que de celui de l'ellipsoïde solaire.

Toutefois il faut remarquer que la mer ne s'étend pas à toute la surface de la Terre; que les déclinaisons du Soleil et de la Lune sont tantôt grandes, tantôt petites, tantôt australes, tantôt boréales; que les eaux doivent se mouvoir continuellement pour obéir aux attractions du Soleil et de la Lune, et par conséquent sont animées de vitesse acquise dans une certaine direction lorsque le sens de l'action vient à changer; que les diverses mers ont des formes et des étendues différentes, communiquent entre elles par des canaux plus ou moins larges, plus ou moins étroits; que les frottements sur les fonds des mers et ceux qui sont produits par les vents dont l'atmosphère est agitée, doivent aussi exercer une influence sur le flux et le reflux en chaque point des côtes maritimes. La théorie des marées donnée par Newton avait besoin d'être perfectionnée pour tenir compte de toutes ces circonstances.

Les plus illustres géomètres s'occupèrent tour à tour

de cette importante question; Daniel Bernoulli, Euler, Maclaurin, d'Alembert, concoururent à vaincre les difficultés que présentait le mouvement des fluides; Laplace acheva d'en donner la véritable solution, et il montra que des observations attentives, faites en chaque lieu pendant quelques années, combinées avec les résultats de la théorie, permettaient de prédire presque toutes les circonstances des marées longtemps à l'avance avec une certitude mathématique.

Ainsi que nous l'avons dit, le Soleil et la Lune, par leur attraction sur la mer, occasionnent des marées qui se combinent ensemble, et qui produisent les marées observées. Les deux marées coïncident vers les syzygies, ou vers les nouvelles et pleines Lunes; alors la marée composée peut être très-grande, puisqu'elle est la somme des marées partielles. Les marées des syzygies ne sont pas toutes également fortes, parce que les marées partielles qui concourent à leur production, varient avec les déclinaisons du Soleil et de la Lune, et les distances de ces astres à la Terre : elles sont d'autant plus considérables que la Lune et le Soleil sont plus rapprochés de la Terre et du plan de l'équateur. On peut calculer pour chaque année les hauteurs de toutes les grandes marées par la formule que Laplace a donnée dans la *Mécanique céleste*, tome II, page 289. On prend pour unité de hauteur la moitié de la hauteur moyenne de la marée totale qui arrive un jour ou deux après la syzygie, quand le Soleil et la Lune, lors de la syzygie, sont dans l'équateur et dans leurs moyennes distances à la Terre. On nomme *marée totale* la demi-somme des hauteurs de

deux pleines mers consécutives, au-dessus du niveau de la basse mer intermédiaire. Dans les ports des côtes de France, les plus grandes marées suivent d'un jour et demi la nouvelle et la pleine Lune. Ainsi on aura l'époque où elles arrivent en ajoutant un jour et demi à la date des syzygies.

Le retour des marées retarde moyennement de $50^m\ 1/2$ d'un jour à l'autre. L'intervalle moyen entre deux pleines mers consécutives est de $12^h\ 25^m$. La basse mer intermédiaire ne tient pas le milieu entre deux pleines mers, la mer employant plus de temps à monter qu'à descendre. Le retard des marées varie avec les phases de la Lune. Il est le plus petit qu'il est possible, vers les syzygies, quand les marées totales sont à leur maximum, et alors sa valeur n'est que de $39^m.2$. Lorsque les marées sont à leur minimum ou vers les quadratures, il est le plus grand possible et s'élève à 75^m. Ainsi la différence des heures des marées correspondantes aux moments de la syzygie et de la quadrature, et qui est d'environ $4^h\ 48^m$, augmente pour les marées qui suivent ces deux phases et devient à peu près égale à un quart de jour relativement au maximum et au minimum des marées.

Dans les syzygies des solstices, le retard journalier des marées est en outre d'environ une minute plus grand que dans son état moyen ; il est plus petit de la même quantité dans les équinoxes. C'est le contraire dans les quadratures des équinoxes ; il surpasse sa grandeur moyenne de 4^m à peu près ; il en est surpassé de la même quantité dans les quadratures des solstices.

Les marées les plus fortes arrivent aux équinoxes,

quand la Lune est à son périgée et très-voisine de l'équateur ; les plus faibles ont lieu aux solstices, quand la Lune est à son apogée et a une grande déclinaison. La diminution des hauteurs des marées vers les syzygies des solstices n'est qu'environ les trois cinquièmes de la diminution correspondante vers les syzygies des équinoxes ; l'accroissement des marées vers les quadratures est deux fois plus grand dans les équinoxes que dans les solstices. La diminution des marées syzygies est presque trois fois plus grande vers le périgée de la Lune que vers son apogée.

On obtient la hauteur d'une grande marée dans un port, en multipliant la hauteur de la marée calculée, comme nous l'avons dit, par la formule de la *Mécanique céleste*, par l'unité de hauteur qui convient à ce port. Les grandes marées de chaque année peuvent produire des inondations, surtout quand les vents les favorisent ; on doit prendre des précautions pour prévenir les désastres qui en résulteraient. L'*unité de hauteur* d'un port est la quantité dont la mer s'élève ou s'abaisse relativement au niveau moyen qui aurait lieu sans l'action du Soleil et de la Lune. On obtient cette unité de hauteur en prenant la moitié de la différence entre un grand nombre de hautes et de basses marées équinoxiales.

La pleine mer sur les côtes et dans les ports n'arrive pas à l'instant où la force résultante des attractions du Soleil et de la Lune y est parvenue à sa plus grande intensité. Ainsi, aux jours de la nouvelle Lune, l'instant de la plus grande intensité de cette action est celui du passage simultané des deux astres au méridien, ou celui

de midi; cependant la mer n'est ordinairement pleine que quelque temps après midi.

Quand la Lune nouvelle passe au méridien d'un port à midi vrai, à l'époque des équinoxes, le temps qui s'écoule entre ce passage et l'instant de la pleine mer qui le suit, est toujours le même; il se nomme *établissement du port.* L'heure des marées des syzygies équinoxiales est donc l'établissement du port.

Les jours de la nouvelle et de la pleine Lune, l'instant où les deux astres exercent la plus grande action est celui du passage de la Lune au méridien; il en est de même lors du premier et du dernier quartier; les autres jours, cet instant précède quelquefois le passage, et d'autres fois il le suit; mais il ne s'en écarte jamais beaucoup, parce que la force attractive de la Lune est environ deux fois et demie plus grande que celle du Soleil.

L'effort qui résulte des attractions du Soleil et de la Lune sur les eaux de la mer et le retard ou l'avance de la marée sur l'heure du passage de la Lune au méridien varient suivant que les deux astres s'écartent ou se rapprochent de la Terre, suivant que leurs déclinaisons augmentent ou diminuent. On tient compte de toutes ces circonstances à l'aide de tables qui facilitent les calculs et que l'on trouve dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes.* Mais, dans tous les cas, l'établissement du port ajouté à l'heure du passage de la Lune au méridien un jour donné, fournit à quelques minutes près l'heure de la haute mer dans ce port.

Voici les établissements de quelques ports et les unités

de hauteur des marées qui y ont été déduites de l'observation :

	Établissements des ports.		Unités de hauteur.
Dunkerque...........	12h	13m	2m.68
Calais...............	11	49	3 .12
Boulogne.............	11	26	3 .96
Dieppe...............	11	8	4 .40
Le Havre.............	9	53	3 .57
La Hougue...........	8	48	3 .04
Cherbourg...........	7	58	2 .82
Saint-Malo............	6	10	5 .68
Brest................	3	46	3 .21
Lorient..............	3	32	2 .24
Bordeaux.............	7	45	2 .35
Bayonne.............	4	5	1 .40
Londres..............	2	15	4 .58
False-Bay (cap de Bonne-Espérance)..........	3	10	0 .85
Valparaiso............	9	40	0 .79
Port Jackson.........	9	0	0 .93
Rio-Janeiro...........	2	30	0 .52
Monterey.............	9	52	0 .98
Baie de la Madeleine...	7	37	1 .38
Acapulco.............	3	5	0 .32
Payta................	3	18	0 .89
Callao de Lima........	6	0	0 .38

Les derniers nombres de ce tableau méritent particulièrement de fixer l'attention. Après avoir vu que la mer monte quatre fois moins à Acapulco qu'à la Madeleine; après avoir remarqué des différences de deux heures et un quart, de quatre heures et demie entre les époques des marées dans des ports peu éloignés les uns des autres et situés sur une côte, la côte occidentale d'Amérique, où l'Océan peut se développer en toute liberté, où ne se trouvent pas les bras de mer resserrés et sinueux qu'on

voit près des côtes de France; après avoir pris note de l'intervalle d'environ trois heures qui s'écoule depuis le moment de la haute mer à Payta jusqu'au moment de la haute mer au Callao, on ne pourra soutenir que la question des marées soit épuisée, malgré les beaux travaux des géomètres dont nous avons rendu compte. Il faut encore expliquer de quelle manière des obstacles invisibles, les inégalités du fond de la mer agissent sur la vitesse des vagues et sur leur hauteur.

Quoi qu'il en soit, le problème des marées, pour toutes les circonstances directement utiles à la navigation, a été résolu admirablement par Laplace. Le grand géomètre ne s'est pas borné d'ailleurs à perfectionner la théorie mathématique du phénomène; il l'a envisagée sous un jour entièrement nouveau; c'est lui qui le premier a traité de la stabilité de l'équilibre des mers.

Les systèmes de corps solides ou liquides sont sujets à deux genres d'équilibre qu'il faut soigneusement distinguer. Dans le premier, dans l'équilibre ferme ou stable, le système, légèrement écarté de sa position primitive, tend sans cesse à y revenir. Dans l'équilibre instable, au contraire, un ébranlement très-faible à l'origine, peut à la longue causer un déplacement énorme.

Si l'équilibre des flots est de cette dernière espèce, les vagues engendrées par l'action des vents, par des tremblements de terre, par des mouvements brusques du fond de la mer, ont pu s'élever dans le passé, elles pourront s'élever dans l'avenir jusqu'à la hauteur des plus hautes montagnes. Le géologue aura la satisfaction de puiser dans ces oscillations prodigieuses des explications

rationnelles d'un grand nombre de phénomènes, mais le monde se trouvera exposé à de nouveaux, à de terribles cataclysmes.

Les hommes peuvent se rassurer : Laplace a trouvé que l'équilibre de l'Océan est stable, mais à la condition expresse, établie d'ailleurs par des faits constants, que la densité moyenne de la masse liquide soit inférieure à la densité moyenne de la Terre. A la mer actuelle, tout restant dans le même état, substituons un océan de mercure, et la stabilité aura disparu, et le liquide sortira fréquemment de ses limites pour aller ravager les continents jusque dans les régions neigeuses qui se perdent au milieu des nuages.

CHAPITRE XXV

DES TREMBLEMENTS DE TERRE

Nous avons vu (liv. XX, chap. XVIII, t. III, p. 247) que l'intérieur de la Terre, à cause de sa haute température, est très-probablement liquide et que notre globe est revêtu d'une écorce comparativement très-mince; cette écorce n'aurait qu'une épaisseur de 40,000 mètres sur 12,733,000 mètres qui mesurent le diamètre terrestre moyen; elle ne serait pas la trois-millième partie du diamètre du globe. La masse intérieure fluide doit céder, comme la masse superficielle des eaux de l'Océan, aux forces attractives exercées par le Soleil et la Lune; elle doit tendre à se gonfler dans les directions des lignes qui joignent le centre de notre globe à ces deux astres. Cette

soumission nécessaire de la masse fluide intérieure aux lois de l'attraction universelle doit rencontrer une résistance dans la rigidité de l'écorce solide, et de là peuvent provenir des ruptures, des secousses, en un mot les tremblements de terre. Telle est l'idée dont M. Perrey, professeur de physique à la Faculté des sciences de Dijon, a cherché à démontrer la justesse dans plusieurs Mémoires intéressants. Dans ce système, les tremblements de terre comme les marées océaniques, doivent être dans un certain rapport et avec l'âge et avec l'heure du passage de la Lune au méridien. M. Perrey a trouvé, en effet, en discutant toutes les observations de tremblements de terre qu'il a pu recueillir, que, depuis un demi-siècle, les tremblements de terre sont plus fréquents dans le voisinage de l'époque du périgée que vers celle de l'apogée de la Lune, plus fréquents lorsque la Lune est proche du méridien que lorsqu'elle en est éloignée de 90 degrés. Aucune question ne mérite davantage d'être soumise à une plus longue étude. N'est-il pas remarquable de voir que les phénomènes les plus désordonnés en apparence sont réglés dans tout l'univers par les grands principes de l'attraction?

CHAPITRE XXVI

SUR LES MARÉES DE L'ATMOSPHÈRE

Il était impossible que le grand géomètre qui avait si bien réussi dans l'étude des marées de l'Océan ne s'occupât point des marées de l'atmosphère, qu'il ne soumît pas aux épreuves délicates et définitives d'un calcul rigou-

reux, les opinions, généralement répandues, touchant l'influence de la Lune sur la hauteur du baromètre et sur d'autres phénomènes météorologiques.

Laplace, en effet, a consacré un chapitre de la *Mécanique céleste* à l'examen des fluctuations que la force attractive de la Lune peut opérer dans notre atmosphère. Il résulte de ses recherches, qu'à Paris le flux lunaire, mesuré sur le baromètre, n'est nullement sensible. La valeur de ce flux obtenue par la discussion d'une longue série d'observations, n'a pas dépassé deux centièmes de millimètre, quantité inférieure aux quantités dont il est possible de répondre dans l'état actuel de la science météorologique.

Le calcul que je viens de rappeler pourra être invoqué à l'appui des considérations auxquelles j'ai eu recours (liv. XXI, chap. XXXVI et XL, t. III, p. 512 et 532) lorsque j'ai voulu établir que, si la Lune modifie plus ou moins, suivant ses diverses phases, la hauteur du baromètre, ce n'est point par voie d'attraction.

CHAPITRE XXVII

SUR LA TRANSMISSION DE L'ATTRACTION

L'attraction est-elle simplement une propriété essentielle de la matière, ou bien a-t-elle une cause physique? C'est une question qui a vivement préoccupé Newton et ses disciples. Les uns ont imaginé que l'attraction est la résultante de l'effort que fait l'éther (chap. IV, p. 27) pour se porter des régions libres de l'espace où sa densit

est au maximum vers les corps planétaires autour desquels il existe dans un plus grand état de raréfaction; les autres ont supposé que cette puissance est la conséquence de l'impulsion d'un milieu fluide quelconque. Newton ne s'est jamais expliqué catégoriquement sur la manière dont pourrait naître une impulsion, cause physique de la puissance attractive de la matière, du moins dans notre système solaire. Mais nous avons aujourd'hui de fortes raisons de croire qu'en écrivant le mot *impulsion*, le grand géomètre songeait aux idées systématiques de Varignon et de Fatio de Duillier, retrouvées plus tard et perfectionnées par Lesage : ces idées, en effet, lui avaient été communiquées avant toute publication. Selon Lesage, il y aurait dans les régions de l'espace des corpuscules se mouvant suivant toutes les directions possibles et avec une excessive rapidité. L'auteur donnait à ces corpuscules le nom de *corpuscules ultra-mondains.* Leur ensemble composait le fluide gravifique, si toutefois la désignation de fluide pouvait être appliquée à un assemblage de particules n'ayant entre elles aucune liaison.

Un corps unique, placé au milieu d'un pareil océan de corpuscules mobiles, resterait en repos, puiqu'il serait également poussé dans tous les sens. Au contraire, deux corps devraient marcher l'un vers l'autre, car ils se feraient réciproquement écran; car leurs surfaces en regard ne seraient plus frappées dans la direction de la ligne qui les joindrait, par les corpuscules ultra-mondains; car il existerait alors des courants dont l'effet ne serait plus détruit par des courants contraires. On voit

d'ailleurs aisément que deux corps plongés dans le fluide gravifique tendraient à se rapprocher avec une intensité qui varierait en raison inverse du carré des distances.

Si l'attraction est le résultat de l'impulsion d'un fluide son action doit employer un temps fini à franchir les espaces immenses qui séparent les corps célestes. Le Soleil serait donc subitement anéanti, qu'après la catastrophe, la Terre, mathématiquement parlant, ressentirait son attraction encore pendant quelque temps. Le contraire arriverait à la naissance subite d'une planète : un certain temps s'écoulerait avant que l'action attractive du nouvel astre se fît sentir sur notre globe.

Plusieurs géomètres du siècle dernier croyaient que l'attraction ne se transmettait pas instantanément d'un corps à l'autre ; ils l'avaient même douée d'une vitesse de propagation assez faible. Daniel Bernoulli, par exemple, voulant expliquer comment la plus grande marée arrive sur nos côtes un jour et demi après les époques où le Soleil et la Lune se sont trouvés le plus favorablement situés pour la production de ce magnifique phénomène, admit que l'action lunaire employait tout ce temps (un jour et demi) à se transmettre de la Lune à la mer. Une si faible vitesse ne pourrait pas se concilier avec l'explication mécanique de la pesanteur dont nous venons de parler. L'explication suppose, en effet, impérieusement, que la vitesse propre des corps célestes est insensible comparativement à celle du fluide gravifique.

Avant d'avoir trouvé que la diminution actuelle d'excentricité de l'orbite terrestre est la cause réelle de l'accélération observée dans le mouvement de la Lune

(chap. XIX, p. 88), Laplace, de son côté, avait cherché si cette accélération mystérieuse ne dépendrait pas de la propagation successive de l'attraction.

Le calcul, un moment, rendit la supposition plausible. Il montra que la propagation graduelle de l'attraction introduirait inévitablement dans le mouvement de notre satellite une perturbation proportionnelle au carré du temps écoulé à partir de toute époque; que pour représenter numériquement les résultats des observations astronomiques, il ne serait nullement nécessaire d'attribuer à l'attraction de petites vitesses; qu'une propagation huit millions de fois plus rapide que celle de la lumière satisferait à tous les phénomènes.

Quoique la vraie cause de l'accélération de la Lune soit actuellement bien connue, l'ingénieux calcul dont je viens de parler n'en conserve pas moins sa place dans la science. Au point de vue mathématique, la perturbation dépendante de la propagation successive de l'attraction que ce calcul signale, a une existence certaine. La liaison entre la vitesse et la perturbation est telle, qu'une des deux quantités conduit à la connaissance numérique de l'autre. Or, en donnant à la perturbation la valeur maximum que les observations comportent lorsqu'elles sont corrigées de l'accélération connue provenant du changement d'excentricité de l'orbe terrestre, on trouve cinquante millions de fois la vitesse de la lumière pour la valeur de la vitesse de la force attractive.

LIVRE XXIV

MARS

CHAPITRE PREMIER

ASPECT DE MARS — SON MOUVEMENT PAR RAPPORT AU SOLEIL

Le signe ♂ par lequel la planète Mars est désignée, a été, dit-on, composé d'une lance et d'un bouclier.

La lumière de Mars est rougeâtre, et par moments évidemment scintillante.

Les planètes dont nous avons parlé précédemment (liv. XVIII et XIX, t. II, p. 485 et 507) Mercure et Vénus, ont été appelées les *planètes inférieures.* Celles dont nous avons encore à tracer l'histoire ont pris le nom de *planètes supérieures.* Les premières ne s'écartent jamais du Soleil au delà de certaines limites dont nous avons indiqué les valeurs; les autres s'en éloignent à toutes les distances possibles.

Mercure et Vénus, ainsi que nous l'avons expliqué, sont quelquefois au delà du Soleil par rapport à la Terre; quelquefois dans une position intermédiaire entre le Soleil et nous. Lorsque, dans la première position, les deux astres passent au méridien presque au même instant, on dit que la planète est en conjonction *supérieure.* La conjonction *inférieure* arrive au moment où, dans les mêmes

conditions quant au passage au méridien, les planètes sont intermédiaires entre le Soleil et la Terre. Pour toutes les planètes dont il nous reste à parler, la conjonction supérieure existe seule.

Il est un point de l'orbite dans lequel l'astre est à l'opposite du Soleil relativement à la Terre ; la planète passe alors au méridien vers minuit : c'est le point de *l'opposition*.

Lorsque l'astre se trouve dans des positions intermédiaires particulières, dans des points où la plus courte distance angulaire au Soleil est de 90° à l'orient ou à l'occident, lorsqu'il passe au méridien vers six heures du matin ou six heures du soir, on dit qu'il est en *quadrature*.

Quand Mars se dégage le matin des rayons du Soleil, son mouvement, rapporté aux étoiles, est dirigé de l'occident à l'orient ou *direct;* il est alors à son maximum.

Cela n'empêche pas le Soleil, plus oriental que Mars et dont la marche est dirigée dans le même sens, de s'en éloigner chaque jour davantage, son mouvement par rapport aux étoiles étant supérieur à celui de la planète.

Le mouvement de Mars se ralentit bientôt ; il est nul quand la planète est à 137° de distance du Soleil ; on dit alors que Mars est *stationnaire*.

Ensuite la planète se remet en marche, mais son mouvement paraît s'effectuer en sens contraire, si on le rapporte toujours aux étoiles. Ce mouvement *rétrograde*, ou dirigé de l'orient à l'occident, atteint son maximum de vitesse le jour de l'opposition; ensuite il diminue, et pendant plusieurs jours la planète est une seconde fois

stationnaire par rapport aux étoiles, lorsque sa distance au Soleil n'est plus que de 137°.

A cette seconde station succède, pendant le reste de l'année, un mouvement direct ou dirigé de l'occident à l'orient.

Ces mouvements directs, séparés par un arc de rétrogradation dont le milieu est à l'opposition même et qui part de deux points où la planète se montre quelque temps stationnaire parmi les étoiles, est un phénomène extrêmement remarquable, dans lequel se trouve le secret du vrai système du monde (liv. XVI, chap. VIII, t. II, p. 230).

Pour Mars l'arc de rétrogradation est d'environ 16°; la planète emploie 73 jours à le parcourir.

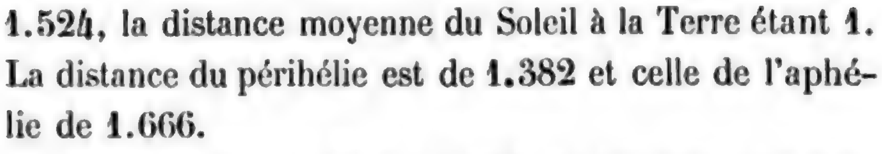
Le temps dont la planète a besoin pour revenir aux mêmes étoiles du firmament, c'est-à-dire la durée de sa révolution sidérale, est de 686j.98 ou 1 an 10 mois 21j.98.

La durée de la révolution synodique, ou son retour à la même position apparente par rapport au Soleil, est de 779 jours ou 2 ans 1 mois et 19 jours; cette durée comprend à la fois le mouvement direct et le mouvement rétrograde qui le suit.

Le mouvement de Mars ne s'opère pas dans le plan de l'écliptique; la planète en est quelquefois éloignée de 1° 51′ 6″.2, valeur de l'inclinaison de son orbite sur le plan de l'écliptique.

L'inclinaison de l'orbite de Mars sur l'équateur terrestre est de 24° 44′ 44″.

La distance moyenne de la planète au Soleil est de



1.524, la distance moyenne du Soleil à la Terre étant 1. La distance du périhélie est de 1.382 et celle de l'aphélie de 1.666.

L'excentricité est égale à 0.093. La longitude du périhélie est de 332° 22′ 51″, celle du nœud ascendant de 47° 59′ 38″; la longitude moyenne de l'époque (1er janvier 1800) est de 233° 5′ 34″.

Ces éléments de l'orbite de Mars sont extraits des tables de M. Lindenau.

Les quantités de chaleur et de lumière envoyées par le Soleil à la Terre étant 1, les quantités envoyées à la surface de Mars sont 0.43.

CHAPITRE II

GRANDEUR DE MARS

Les distances de Mars à notre globe sont très-variables, d'où il résulte que son diamètre angulaire doit beaucoup changer. La moindre valeur après la conjonction est de 3″.3; la plus grande, correspondant à une opposition, s'élève à 23″.5.

A la distance moyenne de la Terre au Soleil, le diamètre de Mars serait 8″.9; ce qui correspond à environ 1,600 lieues de 4,000 mètres.

Le volume de cette planète est donc les 14 centièmes de celui de la Terre.

La figure 323 donne les rapports des grandeurs apparentes du disque de Mars à la plus grande distance à la Terre en A, à la plus petite distance en C et à une dis-

tance moyenne égale à celle de la Terre au Soleil en B. Cette figure est faite à la même échelle (1 millimètre pour une seconde) que les figures qui représentent dans cet ouvrage les grandeurs apparentes des disques des autres planètes.

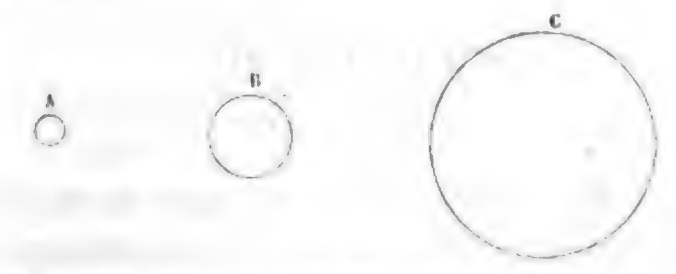


Fig. 323. — Grandeurs apparentes du disque de Mars aux distances extrêmes et à la distance moyenne à la Terre.

Les variations de distance sont très-sensibles, même en ne comparant entre elles que des oppositions, ce qui tient à la grande différence qui existe entre le cercle et l'orbite réelle de Mars. De toutes les planètes anciennement connues, Mars est en effet celle qui a la plus grande excentricité.

Voici les distances de Mars et ses diamètres correspondants pour les oppositions comprises entre 1828 et 1847.

Dates.	Distances à la Terre	Diamètres apparents.
1828	0.42	21″.6
1830	0.39	23 .1
1832	0.51	17 .6
1835	0.62	14 .5
1837	0.67	13 .3
1839	0.66	13 .5
1841	0.59	15 .1
1843	0.49	18 .4
1845	0.38	23 .5
1847	0.47	18 .9

Ainsi les observations de la grandeur de la planète et de sa constitution physique en 1837, comparées aux observations de 1845, pourraient être assimilées, pour cette dernière époque, à celles qui résulteraient relativement à la première, de l'emploi d'un grossissement à peu près double.

CHAPITRE III

PHASES DE MARS

Lorsque Mars commence à se dégager de sa conjonction avec le Soleil, son disque paraît parfaitement rond.

A l'époque de l'opposition, quelques jours avant et quelques jours après, sa forme est la même à l'orient et à l'occident. A une plus grande distance de l'opposition, il offre une phase sensible. Cette phase, qui ne donne jamais à la planète la forme du croissant ni même celle de la Lune à son premier quartier, atteint son maximum aux quadratures. Le disque visible ressemble alors à celui de la Lune trois jours avant son plein, la partie circulaire de la phase étant toujours tournée du côté du Soleil. Il résulte de ces observations que Mars n'est pas lumineux par lui-même, et qu'il brille à nos yeux de la lumière du Soleil réfléchie.

Galilée écrivait au Père Castelli, le 30 décembre 1610: « Je n'ose pas assurer que je puisse observer les phases de Mars; cependant, si je ne me trompe, je crois déjà voir qu'il n'est pas parfaitement rond. »

Le 24 août 1638, dit Riccioli, Fontana à Naples vit Mars nettement gibbeux. Cette observation, pour l'époque, peut être considérée comme une découverte; au-

jourd'hui, l'astronome le moins exercé aperçoit les phases sans difficulté vers les quadratures de la planète, lorsqu'il peut se servir d'une bonne lunette.

CHAPITRE IV

TACHES PERMANENTES DE MARS — SON MOUVEMENT DE ROTATION

On aperçoit sur la surface de Mars des taches permanentes à l'aide desquelles on a prouvé que la planète tourne sur elle-même autour d'un axe incliné de 59° 27′ sur le plan de l'écliptique, ou de 61° 18′ sur le plan de son orbite.

L'observation des taches de Mars suivit d'assez près la découverte des lunettes. Déjà, en 1636, Fontana apercevait une place obscure sur le disque de Mars; le Père Zucchi signalait des taches du même genre en 1640 ; le père Bartoli, de Naples, écrivait en décembre 1644, qu'il avait vu deux taches noires au-dessous du milieu du disque. D'autres personnes n'ayant pas distingué aux heures de leurs observations les taches signalées par le Père Bartoli, commencèrent à soupçonner le mouvement de rotation de la planète.

Ce mouvement de rotation fut constaté à l'aide d'observations directes faites à Bologne par Jean Dominique Cassini, en 1666. Il trouva qu'une révolution entière s'exécutait de l'occident à l'orient en $24^h\ 40^m$. Des observateurs de Rome prétendirent, mais à tort, qu'elle n'était que de 13 heures. Cassini confirma son premier résultat à l'aide d'observations faites à Paris, en 1670. Plus tard, en 1704, Maraldi trouva $24^h\ 39^m$ pour la durée de



cette révolution. Le même astronome profita, pendant l'opposition de 1719, des circonstances favorables dans lesquelles se trouvait la planète périgée, et arriva à 24^h 40^m, comme Cassini.

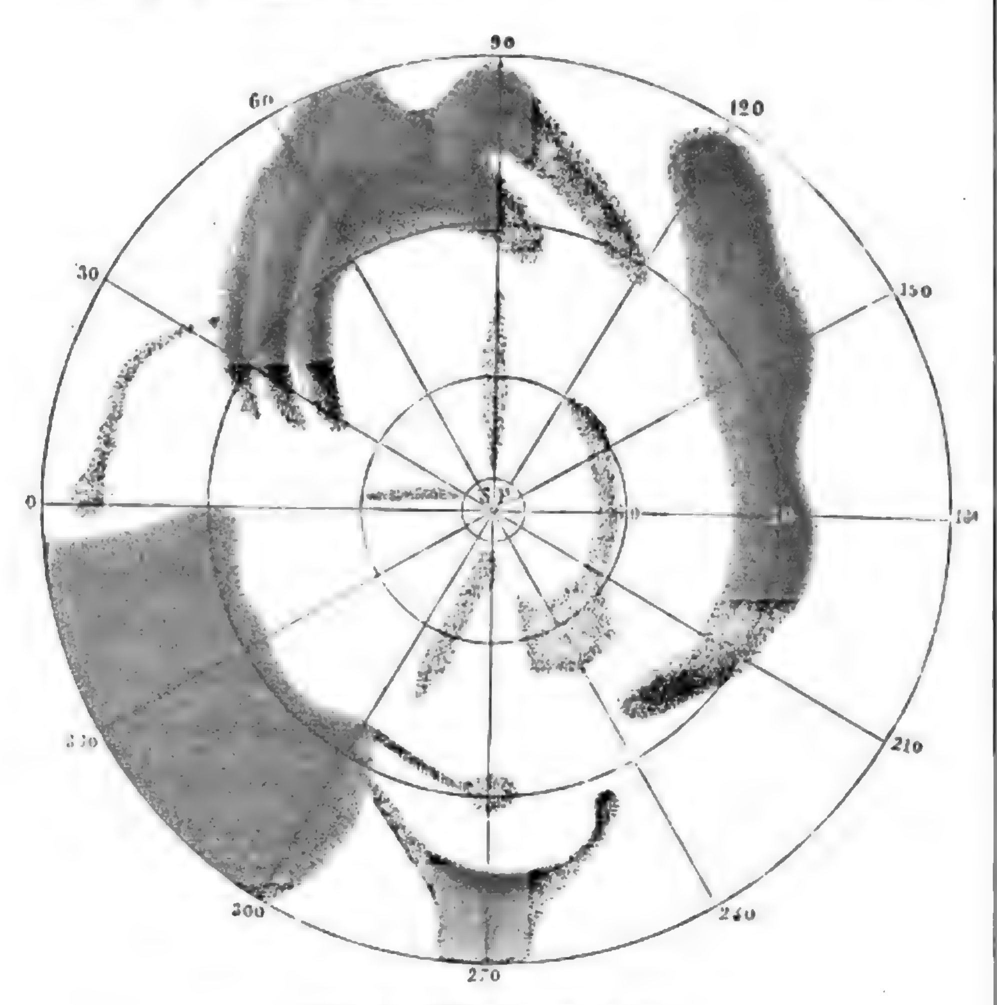


Fig. 324. — Hémisphère sud de Mars.

William Herschel adopta, d'après ses propres observations, 24^h 39^m 4^s. C'est à lui que l'on doit la première détermination de la position de l'axe de rotation de la planète, et conséquemment de l'inclinaison et de la trace de son équateur sur le plan de l'écliptique.

MM. Mædler et Beer ont déduit d'observations faites à Berlin, avec des soins minutieux, une durée de la rotation égale à $24^h\ 37^m\ 23^s$.

Il est remarquable que les observations d'Herschel

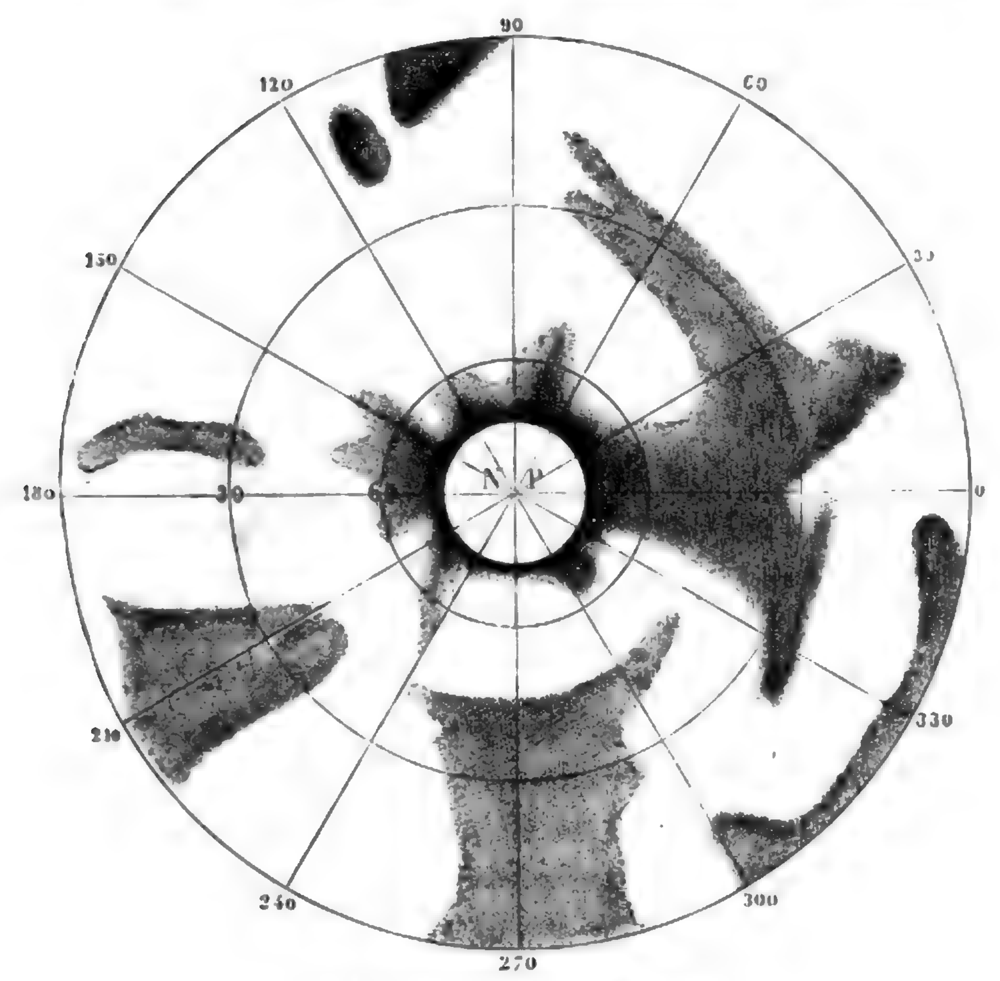
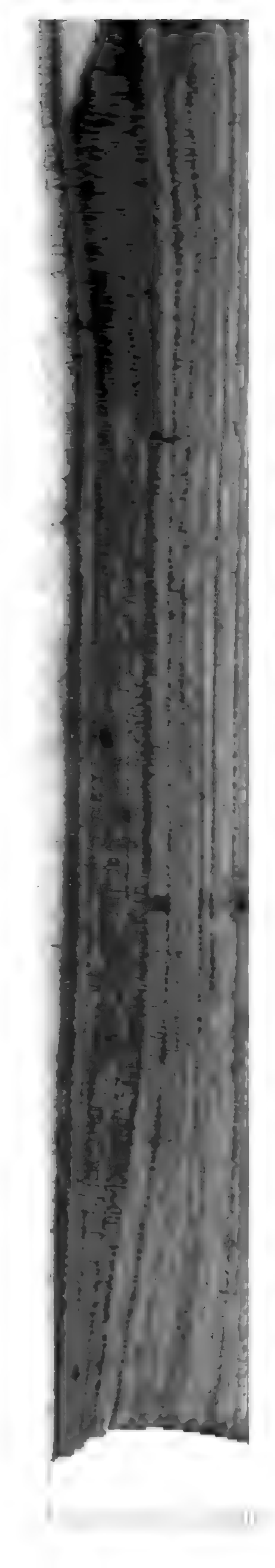


Fig. 325. — Hémisphère nord de Mars.

conduiraient au même résultat, si l'on supposait que l'illustre astronome se trompa d'une révolution entière, en évaluant le nombre de celles qui s'étaient opérées entre les observations fort distantes qu'il compare entre elles.

Les deux figures 324 et 325 représentent les deux



hémisphères de Mars tels que MM. Beer et Mædler ont pu les conclure d'un grand nombre d'observations faites de 1830 à 1839. Les taches noires dessinées sur l'hémisphère sud ont plus particulièrement l'aspect qu'elles offraient en 1830 et 1832; il en est de même pour les taches de l'hémisphère nord, à l'exception de la tache noire qui enveloppe le pôle; celle-ci est dessinée d'après les observations de 1837.

CHAPITRE V

APLATISSEMENT DE MARS

Les premières observations de l'aplatissement de Mars sont d'Herschel, et remontent à 1784. Ce célèbre astronome porta cet aplatissement jusqu'à un 16e. Schrœter se déclara contre cette appréciation; il prétendit que si l'aplatissement existait, il ne pouvait être supérieur à 1/80e.

Bessel, dont l'autorité en pareille matière ne saurait soulever un doute, s'est aussi prononcé contre l'existence d'un aplatissement de Mars, susceptible d'être mesuré avec les instruments actuels, même à l'aide de son célèbre héliomètre de Kœnigsberg.

Je suis forcé d'opposer à des dénégations aussi positives, les mesures que j'ai faites à l'Observatoire de Paris depuis l'année 1811 jusqu'à l'année 1847.

Ces observations ont toutes confirmé l'existence de l'aplatissement dans Mars, et elles ont donné pour sa valeur 1/30e environ.

Je sais bien que ce résultat ne s'accorde pas avec celui que l'on peut déduire de la théorie de l'attraction.

Laplace rendait compte de cette discordance en supposant que des soulèvements locaux analogues à ceux dont on voit les effets dans diverses parties de la Terre, avaient pu avoir relativement une plus grande influence sur la figure d'une petite planète que sur celle de notre globe; mais cette explication est sujette à de sérieuses difficultés. La figure de Mars est très-régulière; tout paraît semblable au nord et au midi de l'équateur de la planète, et les diamètres mesurés à 45° m'ont semblé avoir une longueur intermédiaire entre les diamètres de l'équateur et ceux des pôles, et précisément comme l'exigerait une forme elliptique.

CHAPITRE VI

LES SAISONS SUR MARS

Puisqu'il existe un axe de rotation, il y a lieu à distinguer sur Mars comme sur la Terre, deux pôles diamétralement opposés et deux hémisphères, l'un boréal et l'autre austral, séparés par le plan passant par le centre de la planète et perpendiculaire à l'axe, par un plan équatorial. Ce plan restant parallèle à lui-même, le Soleil se trouvera dans l'hémisphère boréal pendant la demi-durée de la révolution de la planète et ensuite dans l'hémisphère opposé.

Des équinoxes semblables à ceux que nous observons sur la Terre, sépareront ces deux périodes. Il y aura enfin sur Mars des saisons diverses analogues à celles qu'on observe sur notre globe, et dont nous trouverons la raison dans les positions différentes du Soleil relativement à notre équateur.



Ces considérations servent à expliquer un phénomène singulier, qui se manifeste vers les pôles nord et sud de Mars. Je veux parler de l'apparition, de la croissance et de la diminution de deux taches blanchâtres dont l'éclat est plus que double de celui des autres parties de la planète. La tache nord diminue d'amplitude pendant le printemps et l'été de l'hémisphère de même nom ; elle augmente pendant les deux saisons suivantes. Le contraire arrive au pôle sud ; de là on a tiré légitimement la conclusion qu'il se forme successivement autour des pôles de Mars des calottes étendues d'une matière blanchâtre semblable aux neiges qui se précipitent de notre atmosphère et dont la quantité est réglée par la température.

J'ai dit que ces taches blanches polaires, les taches neigeuses, brillaient d'une lumière plus que double de celle qui nous arrive des bords de Mars. Pour s'assurer de l'exactitude de ce résultat, on n'a qu'à se servir d'une lunette prismatique et à faire empiéter les bords des deux images d'une quantité suffisante peu de jours avant ou peu de jours après l'opposition ; le segment provenant de cette superposition paraîtra un peu moins lumineux que la tache polaire vue en même temps sur chacune des images séparées. Il n'est pas nécessaire d'expliquer ici comment on aurait dû s'y prendre pour faire cette comparaison d'intensité, si par hasard les deux régions équatoriales superposées n'avaient pas donné, par leur réunion, une intensité à peu près égale à celle des taches polaires.

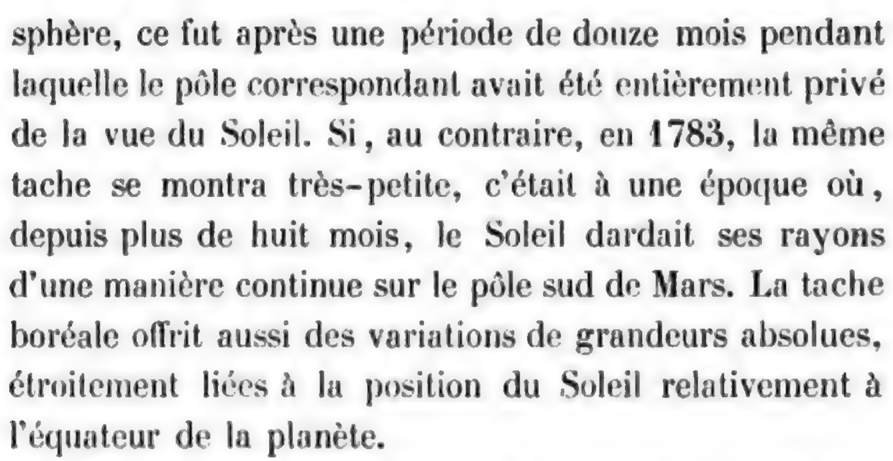
Maraldi disait au commencement de 1706 que depuis cinquante ans on avait observé les taches blanches po-

laires; ceci nous ramènerait à une époque antérieure à celle où Cassini déterminait à Bologne la durée de la révolution de la planète. Le même Maraldi fit des observations suivies de ces taches en 1719, les vit changer d'étendue et signala de plus la disparition momentanée de l'une d'entre elles, celle du pôle boréal.

Les taches blanches polaires semblent former des protubérances locales et interrompre ainsi la courbure régulière du disque. Maraldi, dans son Mémoire inséré parmi ceux de l'Académie des Sciences pour 1720, s'exprime à cet égard à peu près en ces termes : « La partie du bord où existait la tache paraissait excéder le disque de la planète et former en cet endroit une espèce de tubérosité. Mars, vu avec la lunette, ressemblait à la Lune observée à la vue simple, aux époques où seulement une partie de son disque, éclairé par le Soleil, est visible de la Terre, tandis que le reste ne devient apparent que par la lueur cendrée. »

Les deux taches polaires parurent à Herschel, confirmé en cela par MM. Mædler et Beer, diamètralement opposées.

Herschel étudia les deux taches neigeuses avec un soin infini. Le centre d'aucune de ces deux taches ne lui parut exactement placé aux pôles de rotation. La déviation semblait néanmoins plus grande pour la tache boréale que pour celle du pôle sud. Les changements observés dans les grandeurs absolues s'accordèrent à merveille avec l'idée que ces taches sont des amas de glace et de neige. Si en 1781, par exemple, la tache parut extrêmement étendue, ce fut après un long hiver de cet hémi-



sphère, ce fut après une période de douze mois pendant laquelle le pôle correspondant avait été entièrement privé de la vue du Soleil. Si, au contraire, en 1783, la même tache se montra très-petite, c'était à une époque où, depuis plus de huit mois, le Soleil dardait ses rayons d'une manière continue sur le pôle sud de Mars. La tache boréale offrit aussi des variations de grandeurs absolues, étroitement liées à la position du Soleil relativement à l'équateur de la planète.

Le 18 mars 1837, les bords de la tache blanche du pôle austral étaient, suivant MM. Mædler et Beer, à 35° du pôle. En 1830, pendant l'été de l'hémisphère sud, les bords de la même tache n'étaient qu'à 5° ou 6° environ du pôle.

MM. Mædler et Beer ont suivi jusque dans les dernières conséquences susceptibles d'être vérifiées par nos instruments, l'explication qu'on a donnée des taches polaires brillantes de Mars en les assimilant à de la neige.

Sur les 668 jours 2/3 dont se compose une année solaire de Mars [1], ces astronomes trouvent que les saisons estivales de l'hémisphère boréal de la planète renferment en nombres ronds 372 jours, et que les saisons hivernales contiennent 296 jours.

Ces mêmes résultats s'appliquent aux saisons de l'hémisphère sud, en remplaçant seulement le mot estivales par le mot hivernales et réciproquement.

Cette inégale durée entre les saisons froides et les sai-

1. Les jours dont il est question ici expriment le temps que la planète Mars emploie à exécuter son mouvement de rotation sur elle-même.

sons chaudes n'empêche pas, comme je le montrerai en m'appuyant sur un théorème de Lambert dans la théorie des saisons terrestres, que les deux hémisphères de Mars ne doivent jouir de la même température moyenne.

Quant aux extrêmes de ces températures, ils peuvent être très-dissemblables si l'on compare un hémisphère à l'hémisphère opposé.

Ainsi, au solstice d'été de l'hémisphère sud de Mars, cette planète est actuellement à sa moindre distance au Soleil et par conséquent reçoit alors de cet astre le maximum de chaleur qu'il puisse jamais lui communiquer. Cette chaleur sera à son minimum au solstice d'hiver.

Il résulte de là que si la matière qui produit la tache blanche du pôle austral de Mars jouit des propriétés analogues à celle de nos neiges, cette tache doit varier considérablement plus que la tache blanche du pôle boréal.

MM. Mædler et Beer disent que cette conséquence est confirmée par leurs observations.

CHAPITRE VII

COULEUR DE MARS

Mars portait chez les Hébreux un nom qui signifiait *embrasé*. Chez les Grecs Mars, qui s'appelait aussi Hercule, avait pour épithète habituelle πυρόεις, qui signifie *incandescent*. Chez les Indiens, d'après M. Bopp, Mars était appelé Angaraka (de angara, *charbon ardent*) et se nommait encore lohitânga, *le corps rouge*, de lohita *rouge*, et de anga *corps*.

Lorsque les Grecs et les Romains voulaient parler d'une étoile rougeâtre, ils prenaient toujours cette planète pour terme de comparaison. Aujourd'hui même, Mars est l'astre du firmament qui présente la plus forte coloration en rouge. Deux à trois mille ans paraissent ne pas avoir altéré le caractère particulier de la lumière qu'il nous réfléchit et qui semble tenir à la nature de la matière dont certaines régions de la planète sont formées.

Quelques astronomes, physiciens et géologues, ont parlé à cette occasion de terrains ocreux, de grès rouge, etc., sur lesquels la lumière solaire serait réfléchie. Lambert, pour expliquer le même phénomène, supposait que dans cette planète tous les produits de la végétation sont rouges; d'autres, se rappelant qu'au Soleil levant ou au Soleil couchant les objets terrestres sont quelquefois rougeâtres, ont voulu voir dans la coloration de Mars le résultat des modifications imprimées aux rayons de lumière par l'atmosphère dont la planète serait entourée.

Mais cette explication ne saurait être admise. En la supposant exacte, c'est sur les bords et dans les régions polaires que la coloration devrait atteindre son maximum, et c'est précisément le contraire qu'on observe.

On a remarqué que la couleur rouge de Mars paraît beaucoup plus intense à l'œil nu que dans une lunette; en interrogeant mes souvenirs, il me semble qu'avec des lunettes la teinte s'affaiblit notablement quand le grossissement s'accroît.

Si cette observation est exacte, elle servirait à expliquer le fait principal, sans préjudice de l'influence que

peuvent exercer sur l'appréciation de la couleur moyenne, les taches comparativement blanchâtres qui, vues avec des instruments d'optique, viennent occuper des places distinctes entre les portions colorées de la planète.

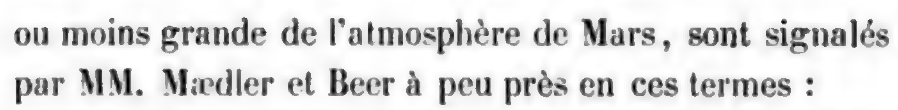
CHAPITRE VIII

SUR L'ATMOSPHÈRE DE MARS

Les taches permanentes de Mars ne sont jamais visibles jusqu'au bord de la planète; ce bord paraît lumineux. Ces deux faits ont conduit à la conséquence que Mars est entouré d'une atmosphère. La prédominance d'éclat du bord oriental et du bord occidental, a paru telle à quelques observateurs, qu'ils ont comparé ces deux bords à deux ménisques étroits et resplendissants entre lesquels serait renfermé le reste du disque comparativement obscur.

Herschel n'aperçut dans les étoiles qui s'approchent de Mars aucun des changements extraordinaires d'intensité annoncés jadis par J.-D. Cassini. Cependant il croyait que la planète avait une atmosphère considérable. Des changements sensibles observés sur diverses bandes, au milieu des taches permanentes, ne lui semblaient pouvoir dépendre que de cette cause.

Nous avons parlé en détail des changements qui s'opèrent dans les taches polaires; ces changements sont réels et évidents. Il en est d'autres beaucoup plus difficiles à apercevoir et à constater. Ces changements, déjà remarqués par Maraldi et qui tiendraient à une diaphanéité plus



ou moins grande de l'atmosphère de Mars, sont signalés par MM. Mædler et Beer à peu près en ces termes :

« Les taches permanentes de Mars se montrent tranchées, vives et nettes pendant l'été de l'hémisphère où elles sont placées. L'hiver de cet hémisphère arrive-t-il, les taches deviennent vagues, confuses et faibles. »

Ainsi, des diaphanéités relatives d'une atmosphère estivale et d'une atmosphère hivernale, deviendraient sensibles vues de la Terre.

Quelques observateurs ont remarqué que les taches sombres présentent une légère teinte verdâtre, mais cette couleur n'a rien de réel. Elle est un phénomène de contraste, ainsi que cela se voit toutes les fois qu'un objet blanc et faible est placé à côté d'un autre objet fortement éclairé en rouge.

La disparition des taches permanentes de Mars près des bords de son disque, considérée comme un effet et comme une preuve de l'existence d'une atmosphère dont la planète serait entourée, mérite d'être développée ici, car elle trouvera son application lorsque nous nous occuperons de Jupiter et de Saturne.

Sans entrer dans le détail des principes de photométrie qui pourraient trouver une application dans l'examen actuel, nous pouvons regarder comme un résultat d'observation que, lorsque la lumière solaire éclaire librement la partie matérielle d'un corps sphérique et raboteux, le bord et le centre de son disque apparent vus de loin, ont à peu près la même intensité. Ce fait, nous le tirons de l'observation de la Lune dans son plein.

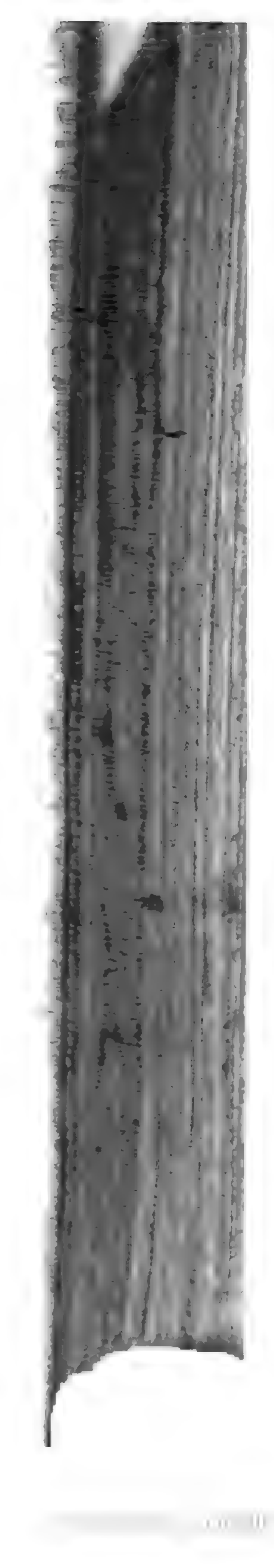
L'égalité en question n'aurait plus lieu si les rayons

qui vont éclairer les bords et le centre de l'astre n'avaient pas le même éclat.

Les rayons solaires qui illuminent les bords de l'astre sont-ils plus faibles que les rayons qui frappent le centre, les bords paraîtront moins éclairés que le centre.

Or, si Mars est entouré d'une atmosphère imparfaitement diaphane, les rayons qui vont atteindre le bord de la planète doivent être plus faibles que les rayons aboutissant au centre, puisqu'ils ont eu à traverser une plus grande étendue de couches atmosphériques ; donc par cette raison et même sans tenir compte de l'affaiblissement que la lumière éprouve en traversant une seconde fois les deux régions atmosphériques dont il vient d'être question, la partie solide ou liquide des régions voisines du bord doit être plus sombre que la partie solide ou liquide des régions centrales.

Il est une seconde cause qui, sans changer le résultat, peut en modifier notablement les conséquences optiques. En effet, dans la direction de chaque point matériel de la planète, on doit voir à la fois la lumière renvoyée par ce point et celle qui nous est réfléchie dans la même direction par les parties correspondantes et interposées de l'atmosphère planétaire. Cette seconde lumière est évidemment d'autant plus intense que l'atmosphère a plus de profondeur ; on conçoit donc que, près du bord, la lumière atmosphérique en s'ajoutant par portions égales à la lumière d'une tache et à celle de portions voisines plus éclatantes, les rendent à peu près égales, d'après ce principe que deux lumières paraissent avoir le même éclat lorsque leur différence n'est que de 1/60e.



Supposons, par exemple, qu'une tache et la portion avoisinante aient entre elles des intensités représentées par 30 et 31 ; supposons qu'on ajoute à chacune des deux parties des lumières représentées par 30, les intensités définitives deviendront 60 et 61. Avant l'addition, la tache était très-différente des parties qui l'entourent; après, la différence est insensible.

Des considérations de ce même genre, combinées avec quelques mesures photométriques des parties obscures et des parties lumineuses faites près du centre et à différentes distances du bord, conduiront à des conséquences qui semblaient devoir nous rester à jamais cachées sur les propriétés optiques de l'atmosphère de Mars.

LIVRE XXV

PETITES PLANÈTES COMPRISES ENTRE MARS ET JUPITER

CHAPITRE PREMIER

DÉCOUVERTE DES PETITES PLANÈTES — LOI DE TITIUS

Nous allons maintenant passer en revue la fourmilière de petites planètes qu'on a récemment découvertes entre Mars et Jupiter.

Les érudits ont cherché si quelque ancien astronome n'avait pas rêvé, ou, si on l'aime mieux, n'avait pas deviné leur existence. Artémidore d'Éphèse sera, si l'on veut, ce devin, car il soutenait un siècle avant Jésus-Christ que le nombre des planètes est infini ; que la faiblesse, que l'immensité de leur distance étaient les seules causes qui nous empêchaient de les apercevoir.

Démocrite n'allait pas aussi loin qu'Artémidore ; ce philosophe se contentait de dire, selon ce que Sénèque rapporte, qu'il y a beaucoup plus de planètes que nous n'en voyons.

Kant, à son tour, expliquait pourquoi il n'en existait pas entre Mars et Jupiter. A l'origine des choses, Jupiter avait attiré à lui toute la matière qui devait engendrer la planète intermédiaire. Mars était très-petit et

manquait de satellite par une raison analogue : une portion de son contingent lui avait été enlevé par la planète colossale.

Titius était entré dans un autre ordre d'idées, il avait cherché si les distances des planètes au Soleil ne se succédaient pas suivant quelque loi régulière. Après bien des essais, il imagina d'écrire la série suivante, dans laquelle, à partir du troisième terme, chaque nombre est le double du précédent.

0 3 6 12 24 48 96 192

Ajoutant ensuite le nombre 4 à chacun des huit termes, Titius obtint la série nouvelle :

4	7	10	16	28	52	100	196
☿	♀	♁	♂		♃	♄	♅

Dans cette série :

4 étant, je suppose, la distance de Mercure au Soleil ;
7 devenait celle de Vénus ;
10 la distance de la Terre ;
16 la distance de Mars ;
28 ne correspondait à rien, c'était une lacune ;
52 était la distance de Jupiter ;
100 celle de Saturne.

Les véritables distances moyennes des planètes au Soleil sont, en effet, ainsi que nous l'avons déjà dit (liv. XVI, chap. VI, t. II, p. 221), les suivantes :

Mercure	☿	....	0.387098
Vénus	♀	....	9.723331
La Terre	♁	....	1.000000
Mars	♂	....	1.523691

Jupiter	♃	....	5.202798
Saturne	♄	....	9.538852
Uranus	♅	....	19.182730
Neptune	♆	....	30.036280

Il est remarquable que 196 représente à peu près la distance d'Uranus, planète que Titius ne connaissait pas.

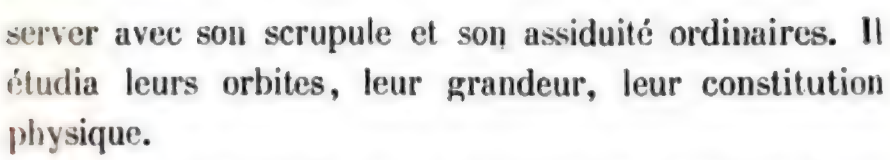
Mais la loi de Titius ne donne pas la distance moyenne de Neptune au Soleil, car $192 \times 2 + 4$ est égal à 388, nombre très-différent de 300.

Généralement on attribue les remarques sur l'ordre des distances moyennes des planètes au Soleil, à Bode, directeur de l'Observatoire de Berlin, qui s'en est beaucoup occupé; mais suivant ce qu'il dit lui-même dans ses Mémoires, la loi qu'on a pris l'habitude d'appeler la loi de Bode, doit être nommée la loi de Titius. Cette prétendue loi a été indiquée pour la première fois dans une traduction allemande de la *Contemplation de la nature* de Bonnet, publiée à Wittenberg par le professeur Titius.

Quoi qu'il en soit, la lacune qui existe entre Mars et Jupiter dans la loi de Titius, semblait indiquer qu'une ou plusieurs planètes inconnues devaient circuler autour du Soleil à la distance 28. La conjecture s'est complétement vérifiée. C'est vers les régions situées à la distance 28, celle de la Terre au même astre étant 10, que sont venues se placer les petites planètes découvertes depuis le commencement de ce siècle.

A peine les quatre premières de ces planètes furent-elles découvertes, qu'Herschel s'empressa de les ob-





server avec son scrupule et son assiduité ordinaires. Il étudia leurs orbites, leur grandeur, leur constitution physique.

Herschel conclut de ses recherches que les astres situés entre Mars et Jupiter ne méritaient, ni à cause de leur volume, ni par d'autres raisons, de porter le nom de planètes. Il proposa de les appeler des *Astéroïdes.* Un historien de la Société royale (le docteur Thomson) critiqua cette dénomination avec amertume ; il alla jusqu'à supposer que le savant astronome « avait voulu enlever aux premiers observateurs de ces corps toute idée de se placer aussi haut que lui-même (Herschel) dans la liste des découvreurs astronomiques. » Je n'aurai vraiment besoin, pour réduire au néant une semblable imputation, que de la rapprocher du passage suivant, extrait d'un Mémoire du célèbre astronome, publié dans les *Transactions philosophiques*, année 1805 : « La différence spécifique qui existe entre les planètes et les astéroïdes est aujourd'hui pleinement établie. Cette circonstance, dans mon opinion, a plus ajouté à la beauté (ornement) de notre système, que la découverte d'une nouvelle planète n'aurait pu le faire. »

Nous allons maintenant nommer les nouvelles planètes, faire connaître l'observateur à qui l'on doit leur découverte, indiquer exactement la date des premières observations dont elles ont été l'objet, rapporter leurs éléments elliptiques, et, lorsqu'il y aura lieu, ce qu'on a pu découvrir du volume et de la constitution physique de ces petits astres.

CHAPITRE II

CÉRÈS

Cérès, représentée par les signes ⚳ ou ①, a été découverte par Piazzi, à Palerme, le 1er janvier 1800.

Le plan de son orbite est incliné de 10° 36′ 28″ sur celui de l'écliptique. Cette orbite est parcourue en $1680^j.75$. Le mouvement moyen diurne est 771″.084.

La distance moyenne au Soleil ou le demi-grand axe de l'orbite est de 2.767, la distance moyenne de la Terre au Soleil étant 1 ; la distance de l'aphélie est de 2.988 et celle du périhélie de 2.546; l'excentricité est égale à 0.0795.

La longitude du périhélie est de 149° 25′ 39″ ; celle du nœud ascendant de 80° 48′ 25″ ; celle de l'époque (15 février 1857) de 149° 25′ 39″.

Cérès a l'aspect d'une étoile de huitième grandeur ; sa couleur est un peu rougeâtre. Son diamètre réel, suivant Herschel, est de 65 lieues de 4 kilomètres chacune. Suivant Schrœter, ce diamètre serait de 185 lieues.

Pour qu'on ne s'étonne pas de voir de si grandes différences entre les dimensions absolues attribuées par les deux astronomes à la planète, je ferai remarquer que ces dimensions ont été déduites d'observations faites avec ce qu'on appelait des micromètres de projection, instruments très-défectueux à plusieurs égards, comme je l'ai démontré (liv. XIV, chap. II, t. II, p. 48).

Schrœter a cru apercevoir autour de la planète des traces évidentes d'une atmosphère épaisse et très-éten-

due, qui donnerait lieu à des changements considérables dans la clarté de l'astre.

CHAPITRE III

PALLAS

La planète Pallas, qu'on représente par les signes ⚴ ou ②, a été découverte par Olbers, à Brême, le 28 mars 1802.

L'inclinaison du plan de son orbite sur le plan de l'écliptique est très-considérable; elle s'élève à 34° 42′ 41″. La durée de sa révolution sidérale est de 1,683ʲ.52, et son mouvement moyen diurne de 769″.81.

La distance moyenne au Soleil, ou le demi-grand axe de l'orbite est de 2.770; la distance du périhélie est de 2.107, et celle de l'aphélie de 3.433.

L'excentricité est très-forte; elle s'élève à 0.239.

La longitude du périhélie est de 122° 5′ 27″; celle du nœud ascendant, de 172° 38′ 28″. La longitude moyenne de l'époque (22 janvier 1857) est de 119° 18′ 3″.

Lorsque Pallas est près de son opposition, elle brille comme une étoile de septième grandeur, d'une belle couleur jaune.

Cette planète est entourée d'une nébulosité qui n'est pas aussi fortement marquée que pour Cérès.

Herschel a trouvé pour diamètre réel de Pallas, 45 lieues. Schrœter a obtenu pour ce même diamètre 765 lieues, et M. Lamont 246. Je ferai, au sujet des grandes différences que présentent ces déterminations, la même remarque que pour celles relatives à Cérès.

CHAPITRE IV

JUNON

Harding a découvert Junon à Lilienthal, le 1er septembre 1804; les astronomes représentent cette planète par les signes ⚵ ou ③.

L'inclinaison du plan de l'orbite de cette planète sur le plan de l'écliptique est de 13° 3′ 21″. Cette orbite est parcourue en 1,592j.30, et le moyen mouvement diurne de la planète est de 813″.91.

La distance moyenne au Soleil est de 2.669; la distance du périhélie, de 1.985, et celle de l'aphélie, de 3.353.

Junon a, comme Pallas, une très-grande excentricité, qui s'élève à 0.256.

La longitude du périhélie est de 54° 9′ 41″; celle du nœud ascendant, de 170° 57′ 46″; celle de l'époque (7 août 1856), de 342° 0′ 35″.

Junon paraît briller de l'éclat d'une étoile de huitième grandeur; elle a une couleur rougeâtre.

Elle paraît avoir une atmosphère très-dense, mais sans nébulosité.

Suivant Schrœter, elle présenterait des variations d'intensité très-grandes et très-rapides, ce qui a conduit à supposer que cette planète n'est pas ronde.

En 1804, Herschel s'appliqua avec une grande assiduité à la détermination du diamètre angulaire de Junon. Ses mesures immédiates se trouvèrent toujours comprises entre 2 et 3 dixièmes de seconde, ce qui correspond à près de 1″ pour le diamètre angulaire de la planète sup-

posée à la distance moyenne de la Terre au Soleil, tandis que les diamètres de Cérès et de Pallas, à cette même distance moyenne, ne seraient, d'après le même astronome, que de 0″.35 et 0″.24. Pour quelle part un épanouissement factice de l'image, provenant de l'œil et du télescope, entrait-il dans les résultats obtenus? c'est ce qui ne fut nullement décidé. D'après les mesures faites par M. Mædler avec le réfracteur de Dorpat, le diamètre réèl de Junon serait de 146 lieues de 4 kilomètres chacune.

CHAPITRE V

VESTA

La planète Vesta a été découverte par Olbers, à Brême, le 29 mars 1807. Les astronomes la représentent par les signes ⚶ ou ④.

Le plan de son orbite est incliné de 7° 8′ 16″ sur celui de l'écliptique.

La durée de sa révolution sidérale est de 1,324j.77, et son moyen mouvement diurne, de 978″.28.

La distance moyenne au Soleil est de 2.361 ; celle du périhélie, de 2.149; celle de l'aphélie, de 2.574. L'excentricité est représentée par 0.090.

La longitude du périhélie est de 250° 46′ 29″; celle du nœud ascendant, de 103° 22′ 5″; celle de l'époque (17 décembre 1856), de 84° 44′ 29″.

Semblable à une étoile de cinquième à sixième grandeur, Vesta est visible à l'œil nu quand le ciel est serein. Schrœter l'a ainsi aperçue plusieurs fois. Sa lumière est

plus intense, plus pure, plus blanche que celle de Cérès, Pallas et Junon. M. Hind dit que la lumière de Vesta est d'un jaune pâle.

On ne voit autour de la planète aucune apparence de nébulosité, aucun indice appréciable d'une atmosphère.

Le diamètre angulaire fut trouvé par Schrœter de 0″.488; mais ne connaissant pas la distance à laquelle se rapporte cette mesure, je ne puis la réduire en lieues kilométriques; d'après M. Mædler, le diamètre réel est de 122 lieues.

En mai 1807, environ deux mois après l'opposition, Herschel trouva que le diamètre de Vesta, qui se montrait dans le télescope entièrement dégagée de toute apparence nébuleuse ou atmosphérique, n'était que la dixième partie de celui d'Uranus.

CHAPITRE VI

ASTRÉE

Après une période de 38 ans, qui s'est écoulée sans qu'on trouve aucune nouvelle petite planète, M. Hencke a découvert Astrée à Driesen, le 8 décembre 1845. Cette planète est représentée par les signes ⚓ ou ⑤.

L'orbite d'Astrée est inclinée de 5° 19′ 23″ sur l'écliptique ; elle est parcourue en $1{,}511^{j}.37$ d'un mouvement moyen diurne égal à 857″.50.

Le demi-grand axe de l'orbite est de 2.576 ; l'excentricité, de 0.189; la distance du périhélie, de 2.087, et celle de l'aphélie, de 3.066.

La longitude moyenne de l'époque (29 avril 1851)

est de 197° 37′ 33″ ; celle du périhélie, de 135° 42′ 32″, et celle du nœud ascendant, de 141° 27′ 48″.

Dans les circonstances les plus favorables, lorsque la planète est à la fois en opposition et au périhélie, elle est à peine supérieure à une étoile de neuvième grandeur, selon M. Hind.

CHAPITRE VII

HÉBÉ

M. Hencke a découvert Hébé à Driesen, le 1er juillet 1847. On représente cette planète par les signes ɣ ou ⑥. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	14° 46′ 32″
Durée sidérale de la révolution..............	1379j.64
Mouvement moyen diurne..................	939″.38
Excentricité de l'orbite......................	0.202
Demi-grand axe............................	2.425
Distance du périhélie......................	1.935
Distance de l'aphélie.......................	2.915
Longitude moyenne de l'époque (13 juillet 1852).	47° 26′ 23″
Longitude du périhélie......................	15 15 26
Longitude du nœud ascendant.................	138 31 55

Au moment de sa découverte, cette planète, suivant M. Hind, était un peu plus faible qu'une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE VIII

IRIS

Iris, représentée par les signes ◠ ou ⑦, a été découverte par M. Hind, à Londres, le 13 août 1847. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	5° 28′ 16″
Durée de la révolution sidérale................	1345j.60
Mouvement moyen diurne....................	963″.14
Excentricité de l'orbite......................	0.232
Demi-grand axe............................	2.385
Distance du périhélie........................	1.831
Distance de l'aphélie........................	2.929
Longitude moyenne de l'époque (8 juin 1852)..	85° 46′ 6″
Longitude du périhélie......................	41 20 22
Longitude du nœud ascendant................	259 44 5

Iris a l'éclat d'une étoile de huitième grandeur. Plusieurs observateurs ont remarqué des variations notables dans la lumière de cette planète, qui ne peuvent être attribuées ni à des changements de distance à la Terre et au Soleil, ni à des accidents atmosphériques. On a supposé qu'elle n'était pas ronde et que, pendant son mouvement de rotation, elle se présentait à la Terre tantôt par une large face, et tantôt, pour ainsi dire, par une pointe.

CHAPITRE IX

FLORE

Comme Iris, la planète Flore a été découverte par M. Hind à Londres; c'est le 18 octobre 1847 que cet astronome l'a vue pour la première fois. On la représente par les signes ⚘ ou (8). Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	5° 53′ 3″
Durée de la révolution sidérale................	1193j.28
Mouvement moyen diurne....................	1086″.08
Excentricité de l'orbite......................	0.157
Demi-grand axe............................	2.201
Distance du périhélie........................	1.856
Distance de l'aphélie........................	2.546



Longitude moyenne de l'époque (24 mars 1852).	174° 46′ 5″
Longitude du périhélie........................	32 49 45
Longitude du nœud ascendant................	110 20 53

C'est la planète qui a parmi les astéroïdes la plus petite distance moyenne au soleil (demi-grand axe).

Semblable à une étoile de huitième à neuvième grandeur, cette planète, suivant M. Hind, est quelquefois rougeâtre, mais sans aucune apparence nébuleuse.

CHAPITRE X

MÉTIS

Métis représentée par les signes ♆ ou ⑨ a été découverte à Markree-Castle, par M. Graham, le 25 avril 1848. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique...	5° 35′ 55″
Durée de la révolution sidérale..........	1346j.96
Mouvement diurne moyen....................	962″.18
Excentricité de l'orbite........................	0.123
Demi-grand axe..............................	2.387
Distance du périhélie..........................	2.093
Distance de l'aphélie..........................	2.681
Longitude moyenne de l'époque (4 juin 1852)..	255° 13′ 26″
Longitude du périhélie........................	71 33 11
Longitude du nœud ascendant................	68 28 58

Métis a, suivant M. Hind, l'éclat d'une étoile de dixième grandeur ; un bon télescope est nécessaire pour la bien voir.

CHAPITRE XI

HYGIE

Hygie a été observée à Naples pour la première fois par M. de Gasparis le 14 avril 1849.

Le nombre de petites planètes successivement trouvées entre Mars et Jupiter prenant un accroissement imprévu, les astronomes tombent d'accord pour adopter pour signe représentatif unique de chacune d'elles le numéro d'ordre de leur découverte placé dans un petit cercle. Hygie est en conséquence figurée par le signe (10).

Les éléments de cette planète, qui est l'une des plus éloignées du Soleil, sont les suivants:

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	3° 47′ 11″
Durée de la révolution sidérale................	2048j.03
Mouvement diurne moyen....................	632″.80
Excentricité de l'orbite.........................	0.216
Demi-grand axe...............................	3.156
Distance du périhélie..........................	2.833
Distance de l'aphélie..........................	3.837
Longitude moyenne de l'époque (28 sept. 1851).	356° 45′ 31″
Longitude du périhélie.........................	93 51 7
Longitude du nœud ascendant.................	31 25 23

Suivant M. Hind, cette planète, par son éclat et par toutes ses apparences, pourrait être rangée parmi les étoiles de neuvième grandeur.

CHAPITRE XII

PARTHÉNOPE

Parthénope, représentée par le signe (11), a encore été découverte à Naples par M. de Gasparis qui l'a observée pour la première fois le 11 mai 1850. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	4° 37′ 1″
Durée de la révolution sidérale................	1402j.11
Mouvement diurne moyen....................	924″.32

Excentricité de l'orbite........................	0.0996
Demi-grand axe..............................	2.452
Distance du périhélie..........................	2.208
Distance de l'aphélie..........................	2.696
Longitude moyenne de l'époque (10 nov. 1855)..	37° 27′ 9″
Longitude du périhélie........................	316 3 7
Longitude du nœud ascendant.................	125 1 1

Parthénope ressemble à une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XIII

VICTORIA

Victoria, qu'on a aussi proposé de nommer Clio et qui est représentée par le signe (12), a eté découverte à Londres par M. Hind le 13 septembre 1850.

Les éléments de cette planète sont les suivants :

Inclinaison de l'orbite sur le plan de l'écliptique.	8° 23′ 7″
Durée de la révolution sidérale................	1303j.25
Mouvement diurne moyen....................	994″.43
Excentricité de l'orbite........................	0.218
Demi-grand axe..............................	2.335
Distance du périhélie..........................	1.825
Distance de l'aphélie..........................	2.844
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1851).	7° 42′ 5″
Longitude du périhélie........................	301 55 18
Longitude du nœud ascendant.................	235 29 31

Suivant M. Hind, dans son maximum d'éclat, cette planète ressemble à une étoile de neuvième grandeur et elle est d'une couleur bleue.

Un observateur américain, M. Ferguson, dit s'être assuré, en mars 1851, qu'il y a des variations d'intensité dans la lumière de la planète Victoria ; ce qui rend la remarque de l'astronome américain digne de quelque

attention, c'est que la planète était tantôt moins, tantôt plus facile à observer qu'une très-petite étoile placée dans son voisinage; ainsi, les observations de M. Ferguson impliquent en quelque sorte une mesure photométrique.

CHAPITRE XIV

ÉGÉRIE

La planète Égérie, représentée par le signe ⑬, a été découverte à Naples par M. de Gasparis le 2 novembre 1850. Ses éléments sont les suivants:

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	16° 32′ 14″
Durée de la révolution sidérale	1510j.89
Mouvement diurne moyen	857″.77
Excentricité de l'orbite	0.089
Demi-grand axe	2.576
Distance du périhélie	2.351
Distance de l'aphélie	2.801
Longitude moyenne de l'époque (19 février 1856)	144° 56′ 37″
Longitude du périhélie	119 45 7
Longitude du nœud ascendant	43 17 34

Cette planète ne surpasse pas en clarté celle d'une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XV

IRÈNE

Irène, représentée par le signe ⑭, a été découverte par M. Hind, à Londres, le 19 mai 1851 ; elle a pour éléments:



Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	9° 6′ 44″
Durée de la révolution sidérale	1518j.29
Mouvement diurne moyen	853″.59
Excentricité de l'orbite	0.168
Demi-grand axe	2.585
Distance du périhélie	2.149
Distance de l'aphélie	3.021
Longitude moyenne de l'époque (11 mai 1851)	222° 1′ 50″
Longitude du périhélie	178 51 11
Longitude du nœud ascendant	86 49 1

Semblable à une étoile de huitième à neuvième grandeur, cette planète paraît entourée d'une légère nébulosité, suivant M. Hind.

CHAPITRE XVI

EUNOMIA

La planète Eunomia, représentée par le signe (15), a été découverte à Naples par M. de Gasparis, le 19 juillet 1851. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	11° 43′ 50″
Durée de la révolution sidérale	1576j.49
Mouvement diurne moyen	822″.07
Excentricité de l'orbite	0.189
Demi-grand axe	2.651
Distance du périhélie	2.150
Distance de l'aphélie	3.152
Longitude moyenne de l'époque (13 oct. 1852)	47° 43′ 44″
Longitude du périhélie	27 13 24
Longitude du nœud ascendant	293 53 19

Selon M. Hind, cette planète ressemble à une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XVII

PSYCHÉ

Psyché, représentée par le signe (16), a encore été découverte à Naples par M. de Gasparis, le 17 mars 1852. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	3° 4′ 9″
Durée de la révolution sidérale	1825j.20
Mouvement diurne moyen	710″.06
Excentricité de l'orbite	0.135
Demi-grand axe	2.923
Distance du périhélie	2.530
Distance de l'aphélie	3.316
Longitude moyenne de l'époque (26 nov. 1855)	51° 32′ 36″
Longitude du périhélie	12 37 23
Longitude du nœud ascendant	150 29 44

Elle a l'éclat d'une étoile de dixième grandeur.

CHAPITRE XVIII

THÉTIS

Thétis a été découverte par M. Luther, à Bilk, près de Dusseldorf, le 17 avril 1852; elle est représentée par le signe (17); ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	5° 35′ 28″
Durée de la révolution sidérale	1420j.13
Mouvement diurne moyen	912″.59
Excentricité de l'orbite	0.127
Demi-grand axe	2.473
Distance du périhélie	2.157
Distance de l'aphélie	2.790

Longitude moyenne de l'époque (26 avril 1856)..	214° 30′ 40″
Longitude du périhélie.........................	259 22 44
Longitude du nœud ascendant....................	125 25 55

Cette planète brille comme une étoile de neuvième à dixième grandeur.

CHAPITRE XIX

MELPOMÈNE

Melpomène représentée par le signe (18) a été découverte à Londres par M. Hind, le 24 juin 1852. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique..........	10° 9′ 2″
Durée de la révolution sidérale................	1270j.53
Mouvement diurne moyen.........................	1020″.04
Excentricité de l'orbite.......................	0.217
Demi-grand axe.................................	2.296
Distance du périhélie..........................	1.797
Distance de l'aphélie..........................	2.793
Longitude moyenne de l'époque (1er janvier 1853)	351° 42′ 22″
Longitude du périhélie.........................	15 13 59
Longitude du nœud ascendant....................	150 0 56

L'éclat de cette planète varie entre celui d'une étoile de huitième et celui d'une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XX

FORTUNA

Fortuna représentée par le signe (19) a encore été découverte à Londres par M. Hind; cet astronome l'a observée pour la première fois le 22 août 1852. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	1° 33′ 18″
Durée de la révolution sidérale	1397j.19
Mouvement diurne moyen	927″.57
Excentricité de l'orbite	0.156
Demi-grand axe	2.446
Distance du périhélie	2.064
Distance de l'aphélie	2.828
Longitude moyenne de l'époque (23 sept. 1852).	355° 4′ 21″
Longitude du périhélie	31 16 13
Longitude du nœud ascendant	211 0 9

L'éclat de cette planète est celui d'une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XXI

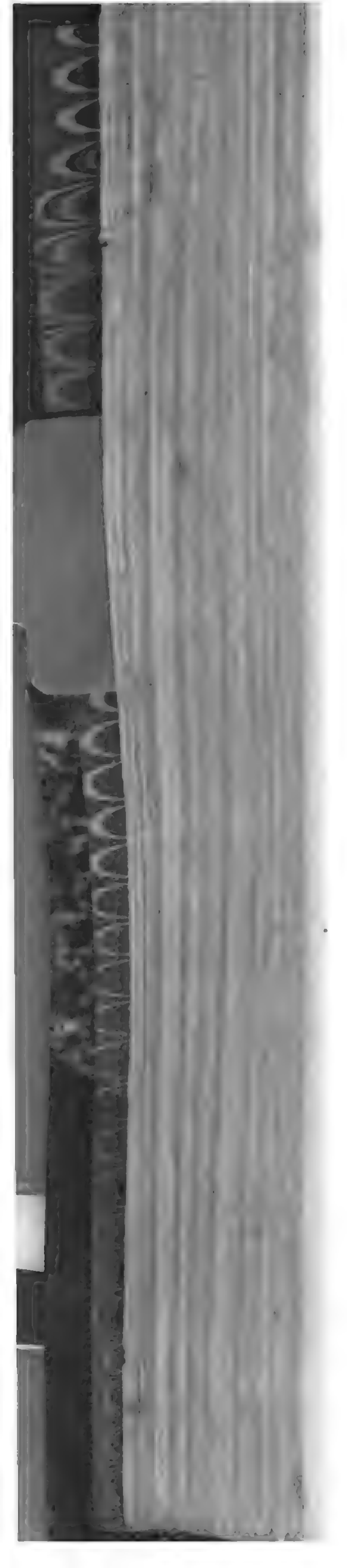
MASSALIA

Cette planète représentée par le signe (20) a été vue à Naples par M. de Gasparis le 19 septembre 1852, et à Marseille par M. Chacornac le lendemain 20 septembre. C'est de toutes les planètes connues celle qui se meut dans l'ellipse la moins inclinée par rapport à l'écliptique. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	0° 41′ 10″
Durée de la révolution sidérale	1365j.87
Mouvement diurne moyen	948″.85
Excentricité de l'orbite	0.144
Demi-grand axe	2.409
Distance du périhélie	2.063
Distance de l'aphélie	2.755
Longitude moyenne de l'époque (4 nov. 1856)...	54° 46′ 29″
Longitude du périhélie	98 16 30
Longitude du nœud ascendant	206 36 24

Massalia ressemble à une étoile de neuvième à dixième grandeur.





CHAPITRE XXII

LUTETIA

La planète Lutetia a été découverte à Paris, le 15 novembre 1852, par M. Hermann Goldschmidt, peintre d'histoire ; elle a pour signe représentatif (21). Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	3° 5′ 22″
Durée de la révolution sidérale................	1387j.14
Mouvement diurne moyen....................	934″.29
Excentricité de l'orbite......................	0.162
Demi-grand axe..........................	2.434
Distance du périhélie......................	2.040
Distance de l'aphélie......................	2.828
Longitude moyenne de l'époque (23 nov. 1856).	50° 25′ 54″
Longitude du périhélie......................	326 32 46
Longitude du nœud ascendant................	80 29 6

Cette planète ressemble à une étoile de dixième grandeur.

CHAPITRE XXIII

CALLIOPE

Calliope représentée par le signe (22) a été découverte par M. Hind, à Londres, le 16 novembre 1852. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique..............................	13° 44′ 52″
Durée de la révolution sidérale................	1812j.82
Mouvement diurne moyen....................	714″.91
Excentricité de l'orbite......................	0.104
Demi-grand axe..........................	2.909
Distance du périhélie......................	2.608
Distance de l'aphélie......................	3.211

Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1853).	77° 0′ 10″
Longitude du périhélie	58 12 39
Longitude du nœud ascendant	66 36 56

Cette planète a l'éclat d'une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XXIV

THALIE

C'est encore à M. Hind qu'on doit la découverte de Thalie, représentée par le signe (23); il l'a observée pour la première fois, à Londres, le 15 décembre 1852. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	10° 13′ 59″
Durée de la révolution sidérale	1554j.21
Mouvement diurne moyen	833″.86
Excentricité de l'orbite	0.236
Demi-grand axe	2.626
Distance du périhélie	2.008
Distance de l'aphélie	3.244
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1853).	89° 5′ 29″
Longitude du périhélie	123 11 57
Longitude du nœud ascendant	67 55 4

Cette planète ressemble à une étoile de dixième grandeur.

CHAPITRE XXV

PHOCEA

Phocea, représentée par le signe (24), a été découverte à Marseille le 6 avril 1853, par M. Chacornac. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	21° 42′ 30″
Durée de la révolution sidérale	1350j.28
Mouvement diurne moyen	959″.80
Excentricité de l'orbite	0.246
Demi-grand axe	2.390
Distance du périhélie	1.802
Distance de l'aphélie	2.978
Longitude moyenne de l'époque (12 juin 1853)	259° 43′ 25″
Longitude du périhélie	302 35 31
Longitude du nœud ascendant	214 6 7

L'éclat de cette planète varie entre celui d'une étoile de neuvième et celui d'une étoile de douzième grandeur.

CHAPITRE XXVI

THÉMIS

Thémis, représentée par le signe (25), a été aussi découverte le 6 avril 1853; c'est à Naples qu'elle a été observée pour la première fois par M. de Gasparis. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	0° 49′ 26″
Durée de la révolution sidérale	2033j.84
Mouvement diurne moyen	637″.22
Excentricité de l'orbite	0.123
Demi-grand axe	3.141
Distance du périhélie	2.757
Distance de l'aphélie	3.525
Longitude moyenne de l'époque (4 mai 1853)	171° 46′ 1″
Longitude du périhélie	134 20 19
Longitude du nœud ascendant	35 49 29

Cette planète ressemble à une étoile de onzième à douzième grandeur.

CHAPITRE XXVII

PROSERPINE

La planète Proserpine, représentée par le signe ㉖, a été découverte par M. Luther, à Bilk, le 5 mai 1853. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	3° 35′ 47″
Durée de la révolution sidérale..................	1580j.51
Mouvement diurne moyen........................	819″.99
Excentricité de l'orbite..........................	0.087
Demi-grand axe................................	2.655
Distance du périhélie...........................	2.422
Distance de l'aphélie............................	2.888
Longitude moyenne de l'époque (11 juin 1853)..	227° 30′ 4″
Longitude du périhélie..........................	236 20 38
Longitude du nœud ascendant...................	45 54 43

Proserpine a l'éclat d'une étoile de dixième grandeur.

CHAPITRE XXVIII [1]

EUTERPE

[La planète Euterpe, représentée par le signe ㉗, a été découverte à Londres, par M. Hind, le 8 novembre 1853. Ses éléments sont les suivants :

1. En suivant exactement le plan tracé par M. Arago, nous avons cru devoir donner ici l'histoire des petites planètes découvertes depuis la mort de l'illustre astronome jusqu'au jour (mars 1857) où ces feuilles s'impriment. Le lecteur pourra à l'avenir ajouter, sur le même plan, les détails relatifs aux petites planètes qui seront encore découvertes. Les éléments que nous avons pris sont ceux donnés par M. Laugier ou par M. Bruhns.

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	1° 35′ 30″
Durée de la révolution sidérale................	1313j.74
Mouvement diurne moyen....................	986″.50
Excentricité de l'orbite........................	0.174
Demi-grand axe..............................	2.347
Distance du périhélie........................	1.939
Distance de l'aphélie..........................	2.755
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1854).	74° 53′ 3″
Longitude du périhélie........................	88 2 13
Longitude du nœud ascendant................	93 42 4

Cette planète ressemble à une étoile de dixième grandeur.

CHAPITRE XXIX

BELLONE

Bellone, représentée par le signe (28), a été découverte à Bilk, par M. Luther, le 1er mars 1854. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique..	9° 22′ 33″
Durée de la révolution sidérale................	1688j.55
Mouvement diurne moyen....................	767.62
Excentricité de l'orbite........................	0.155
Demi-grand axe..............................	1.775
Distance du périhélie........................	2.346
Distance de l'aphélie..........................	3.204
Longitude moyenne de l'époque (1er mars 1854).	159° 2′ 5″
Longitude du périhélie........................	122 18 20
Longitude du nœud ascendant................	144 42 58

Cette planète a l'éclat d'une étoile de dixième grandeur.

CHAPITRE XXX

AMPHITRITE

La planète Amphitrite, représentée par le signe (29), a été découverte, ainsi que Bellone, le 1er mars 1854 ; c'est M. Marth qui l'a observée, à Londres, le premier. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	6° 7′ 4″
Durée de la révolution sidérale	1490j.54
Mouvement diurne moyen	869″.48
Excentricité de l'orbite	0.074
Demi-grand axe	2.554
Distance du périhélie	2.366
Distance de l'aphélie	2.742
Longitude moyenne de l'époque (1er mars 1854)	180° 43′ 33″
Longitude du périhélie	56 52 31
Longitude du nœud ascendant	356 23 55

Cette planète ressemble à une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XXXI

URANIE

La planète Uranie, représentée par le signe (30), a été découverte à Londres, par M. Hind, le 22 juillet 1854 ; elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	3° 31′ 36″
Durée de la révolution sidérale	1328j.94
Mouvement diurne moyen	975″.21
Excentricité de l'orbite	0.126
Demi-grand axe	2.365
Distance du périhélie	2.065

Distance de l'aphélie	2.665
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1855)	26°28′46″
Longitude du périhélie	30 48 47
Longitude du nœud ascendant	308 11 6

Uranie a l'éclat d'une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XXXII

EUPHROSIN

La planète Euphrosine, représentée par le signe (31), a été découverte à Washington, par M. Ferguson, le 2 septembre 1854. C'est de toutes les petites planètes connues celle qui a la plus grande distance moyenne au Soleil. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	26°25′12″
Durée de la révolution sidérale	2048j.03
Mouvement diurne moyen	632″.80
Excentricité de l'orbite	0.216
Demi-grand axe	3.156
Distance du périhélie	2.475
Distance de l'aphélie	3.837
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1855)	53°50′10″
Longitude du périhélie	93 51 7
Longitude du nœud ascendant	31 25 23

Euphrosine ressemble à une étoile de onzième grandeur.

CHAPITRE XXXIII

POMONE

Pomone, représentée par le signe (32), a été découverte à Paris, le 26 octobre 1854, par M. Goldschmidt ; elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	5°29′14″
Durée de la révolution sidérale	1516j.28
Mouvement diurne moyen	854″.72
Excentricité de l'orbite	0.082
Demi-grand axe	2.583
Distance du périhélie	2.370
Distance de l'aphélie	2.796
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1855)	56° 8′ 28″
Longitude du périhélie	196 9 0
Longitude du nœud ascendant	220 48 26

Cette planète a l'éclat d'une étoile de onzième grandeur.

CHAPITRE XXXIV

POLYMNIE

La planète Polymnie, représentée par le signe (33), a été, comme la précédente, découverte à Paris ; elle a été observée, pour la première fois, par M. Chacornac, le 28 octobre 1854. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	1°56′ 56″
Durée de la révolution sidérale	1771j.74
Mouvement diurne moyen	731″.48
Excentricité de l'orbite	0.337
Demi-grand axe	2.866
Distance du périhélie	1.900
Distance de l'aphélie	3.831
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1855)	23°14′ 23″
Longitude du périhélie	340 53 55
Longitude du nœud ascendant	9 16 5

Polymnie est de toutes les planètes connues celle qui présente la plus grande excentricité. Son éclat passe de celui d'une étoile de neuvième grandeur à celui d'une étoile de treizième.

CHAPITRE XXXV

CIRCÉ

M. Chacornac a aussi découvert la planète Circé, représentée par le signe (35) ; il l'a observée pour la première fois, à Paris, le 6 avril 1855. Les éléments de cette planète sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	5° 2′ 46″
Durée de la révolution sidérale	1582j.25
Mouvement diurne moyen	819″,09
Excentricité de l'orbite	0.108
Demi-grand axe	2.657
Distance du périhélie	2.370
Distance de l'aphélie	2.944
Longitude moyenne de l'époque (21 avril 1855)	198°57′ 59″
Longitude du périhélie	167 37 57
Longitude du nœud ascendant	183 40 58

Cette planète ressemble à une étoile de onzième grandeur.

CHAPITRE XXXVI

LEUCOTHÉE

La planète Leucothée, représentée par le signe (35), a été découverte à Bilk, par M. Luther, le 19 avril 1855. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	8°23′ 4″
Durée de la révolution sidérale	1800j.43
Mouvement diurne moyen	719″.83
Excentricité de l'orbite	0.198
Demi-grand axe	2.896

Distance du périhélie	2.323
Distance de l'aphélie	3.419
Longitude moyenne de l'époque (1er avril 1855)	187°28′ 14″
Longitude du périhélie	185 38 48
Longitude du nœud ascendant	359 44 20

Cette planète ressemble à une étoile de douzième grandeur.

CHAPITRE XXXVII

ATALANTE

Atalante, représentée par le signe (36), a été découverte à Paris, par M. Goldschmidt, le 5 octobre 1855; elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	19° 6′ 45″
Durée de la révolution sidérale	1684j.73
Mouvement diurne moyen	769″.26
Excentricité de l'orbite	0.294
Demi-grand axe	2.771
Distance du périhélie	1.956
Distance de l'aphélie	3.586
Longitude moyenne de l'époque (1er nov. 1855)	22° 5′ 33″
Longitude du périhélie	40 42 21
Longitude du nœud ascendant	359 0 17

L'éclat de cette planète varie de celui d'une étoile de onzième à celui d'une étoile de quatorzième grandeur.

CHAPITRE XXXVIII

FIDES

La planète Fides, représentée par le signe (37), a été découverte à Bilk, par M. Luther, le 12 janvier 1856; elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	3°31′36″
Durée de la révolution sidérale	1459j.04
Mouvement diurne moyen	889″.79
Excentricité de l'orbite	0.058
Demi-grand axe	2.518
Distance du périhélie	2.372
Distance de l'aphélie	2.664
Longitude moyenne de l'époque (15 oct. 1855)	14°31′17″
Longitude du périhélie	66 52 7
Longitude du nœud ascendant	7 55 51

Fides ressemble à une étoile de dixième grandeur

CHAPITRE XXXIX

LEDA

La planète Leda, représentée par le signe (38), a été découverte à Paris, par M. Chacornac, le 8 février 1856. Elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	6°59′18″
Durée de la révolution sidérale	1656j.71
Mouvement diurne moyen	782″.27
Excentricité de l'orbite	0.156
Demi-grand axe	2.740
Distance du périhélie	2.313
Distance de l'aphélie	3.167
Longitude moyenne de l'époque (1er janv. 1856)	112°39′19″
Longitude du périhélie	99 43 6
Longitude du nœud ascendant	296 28 40

Cette planète a l'éclat d'une étoile de onzième grandeur.

CHAPITRE XL

LÆTITIA

La planète Lætitia, représentée par le signe (39), a encore été découverte à Paris, par M. Chacornac, qui l'a observée, pour la première fois, le 8 février 1856 ; elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	10° 28′ 10″
Durée de la révolution sidérale	1682^j.17
Mouvement diurne moyen	770″.43
Excentricité de l'orbite	0.116
Demi-grand axe	2.768
Distance du périhélie	2.447
Distance de l'aphélie	3.089
Longitude moyenne de l'époque (1er avril 1856)	166° 6′ 9″
Longitude du périhélie	0 39 57
Longitude du nœud ascendant	157 23 53

L'éclat de cette planète est celui d'une étoile de neuvième grandeur.

CHAPITRE XLI

HARMONIA

Harmonia, représentée par le signe (40), a été découverte à Paris, le 31 mars 1856, par M. Goldschmidt ; elle a pour éléments :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	4° 15′ 48″
Durée de la révolution sidérale	1246^j.86
Mouvement diurne moyen	1039″.41

Excentricité de l'orbite	0.046
Demi-grand axe	2.267
Distance du périhélie	2.163
Distance de l'aphélie	2.370
Longitude moyenne de l'époque (1er juillet 1856)	222° 12′ 41″
Longitude du périhélie	2 1 51
Longitude du nœud ascendant	93 32 2

L'éclat de cette planète est comparable à celui d'une étoile de neuvième à dixième grandeur.

CHAPITRE XLII

DAPHNÉ

M. Goldschmidt a encore découvert à Paris, le 22 mai 1856, la planète Daphné, représentée par le signe (41). Les éléments de cette planète ne sont pas encore jusqu'à présent calculés avec toute l'exactitude désirable, à cause de la difficulté des observations. La distance moyenne au Soleil ou le demi-grand axe est environ de 2.4.

CHAPITRE XLIII

ISIS

La planète Isis, représentée par le signe (42), a été découverte le 23 mai 1856, à Oxford, par M. Pogson. Ses éléments sont les suivants :

Inclinaison du plan de l'orbite sur le plan de l'écliptique	8° 34′ 45″
Durée de la révolution sidérale	1368^j.67
Mouvement diurne moyen	946″.90
Excentricité de l'orbite	0.213
Demi-grand axe	2.412
Distance du périhélie	1.899

Distance de l'aphélie........................	2.925
Longitude moyenne de l'époque (30 juin 1856)...	275° 38′ 55″
Longitude du périhélie........................	318 6 33
Longitude du nœud ascendant................	80 29 6

CHAPITRE XLIV

CONJECTURES SUR L'ORIGINE DES PETITES PLANÈTES

Les détails précédents sur la fourmilière des petites planètes qui sont comprises entre Mars et Jupiter, et dont le nombre ne saurait être aujourd'hui évalué, montrent que depuis quelque temps le système planétaire s'enrichit presque chaque année de quelque corps nouveau. Le tableau synoptique suivant présente le mouvement rapide des découvertes faites en ce genre depuis le commencement de ce siècle[1] :

1801.....	1 planète : Cérès.
1802.....	1 planète : Pallas.
1804.....	1 planète : Junon.
1807.....	1 planète : Vesta.
1845.....	1 planète : Astrée.
1847.....	3 planètes : Hébé, Isis, Flore.
1848.....	1 planète : Métis.
1849.....	1 planète : Hygie.
1850.....	3 planètes : Parthénope, Victoria, Égérie.
1851.....	2 planètes : Irène, Eunomia.
1852.....	8 planètes : Psyché, Thétis, Melpomène, Fortuna, Massalia, Lutetia, Calliope, Thalie.
1853.....	4 planètes : Thémis, Phocea, Proserpine, Euterpe.
1854.....	6 planètes : Bellone, Amphitrite, Uranie, Euphrosine, Pomone, Polymnie.
1855.....	4 planètes : Circé, Leucothée, Atalante, Fides.
1856.....	5 planètes : Leda, Lætitia, Harmonia, Daphné, Isis.

1. Le tableau fait par M. Arago jusqu'à 1853 a été complété jusqu'à l'époque de la publication de ce volume.

Des observateurs appartenant aux pays les plus divers, concourent à faire faire à l'astronomie pratique ce pas important, ainsi qu'il résulte de cet autre tableau[1] :

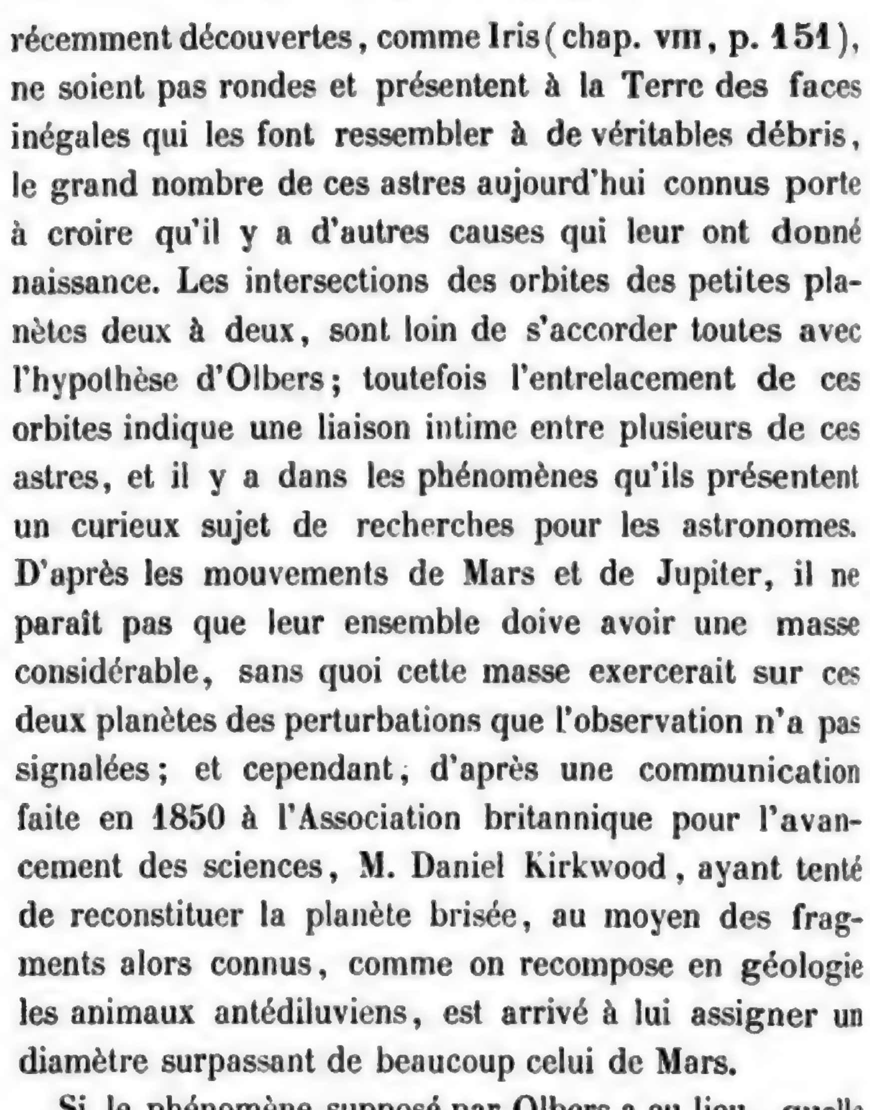
Piazzi a découvert......	1	planète	à Palerme;
Olbers en a découvert..	2	—	à Brême;
Harding...............	1	—	à Lilienthal;
Hencke...............	2	—	à Driesen;
Hind..................	10	—	à Londres;
Graham...............	1	—	à Markree-Castle;
De Gasparis............	7	—	à Naples;
Luther................	5	—	à Bilk;
Goldschmidt...........	5	—	à Paris;
Chacornac.............	1	—	à Marseille et 4 à Paris;
Marth.................	1	—	à Londres;
Ferguson..............	1	—	à Washington;
Pogson................	1	—	à Oxford.

Ce grand nombre de découvertes témoigne du zèle, de l'application, de l'habileté des observateurs et de la perfection des instruments astronomiques. La construction extrêmement remarquable des nouvelles cartes astronomiques faites dans divers observatoires, et qui renferment les étoiles de neuvième et de dixième grandeur, a considérablement facilité la recherche des petites planètes. Si l'on aperçoit à un endroit du ciel étoilé un petit astre non encore marqué sur les cartes, on doit en faire l'observation avec beaucoup de soin et chercher s'il n'est pas doué d'un mouvement relatif par rapport aux étoiles voisines. L'existence d'un pareil mouvement étant constatée, on a fait la découverte d'une nouvelle

1. Comme pour le tableau précédent, on a complété les rapprochements faits par M. Arago.

petite planète; il ne reste plus qu'à confirmer cette découverte par des observations postérieures.

Lorsque Piazzi eut trouvé la planète Cérès, il parut aux astronomes que la lacune soupçonnée par Kepler, mise en évidence par la loi numérique de Titius, entre Mars et Jupiter, était comblée. Mais la découverte de Pallas, par Olbers, apporta une complication inattendue à la simplicité qu'on croyait avoir constatée dans le système planétaire. Il vint alors à l'idée de l'illustre astronome de Brême que Cérès et Pallas pourraient bien être les fragments d'une seule planète détruite par quelque force naturelle. Le fait mis en évidence par les calculs de M. Gauss, que Cérès, lors de son passage ascendant à travers le plan de l'orbite de Pallas, arrive à une très-grande proximité de cette planète, donnait à cette hypothèse une certaine probabilité. Olbers se hasarda même à en conclure que l'on devait s'attendre à trouver, dans la même région, de nouveaux débris analogues. Le point où les orbites se croisent semblait devoir être celui où se serait jadis accompli ce singulier événement. Or, les plans des orbites de Cérès et de Pallas se coupent, suivant une ligne qui aboutit d'un côté vers l'aile septentrionale de la Vierge et de l'autre côté vers la Baleine. Telles étaient donc les deux régions où l'on devait s'attendre à voir passer les débris inconnus de la planète brisée. Ce fut, il est vrai, dans la Baleine que Harding trouva Junon, et dans l'aile septentrionale de la Vierge que Olbers découvrit Vesta. La conjecture de l'habile astronome de Brême prit ainsi une nouvelle force. Mais quoique quelques-unes des petites planètes



récemment découvertes, comme Iris (chap. VIII, p. 151), ne soient pas rondes et présentent à la Terre des faces inégales qui les font ressembler à de véritables débris, le grand nombre de ces astres aujourd'hui connus porte à croire qu'il y a d'autres causes qui leur ont donné naissance. Les intersections des orbites des petites planètes deux à deux, sont loin de s'accorder toutes avec l'hypothèse d'Olbers; toutefois l'entrelacement de ces orbites indique une liaison intime entre plusieurs de ces astres, et il y a dans les phénomènes qu'ils présentent un curieux sujet de recherches pour les astronomes. D'après les mouvements de Mars et de Jupiter, il ne paraît pas que leur ensemble doive avoir une masse considérable, sans quoi cette masse exercerait sur ces deux planètes des perturbations que l'observation n'a pas signalées; et cependant, d'après une communication faite en 1850 à l'Association britannique pour l'avancement des sciences, M. Daniel Kirkwood, ayant tenté de reconstituer la planète brisée, au moyen des fragments alors connus, comme on recompose en géologie les animaux antédiluviens, est arrivé à lui assigner un diamètre surpassant de beaucoup celui de Mars.

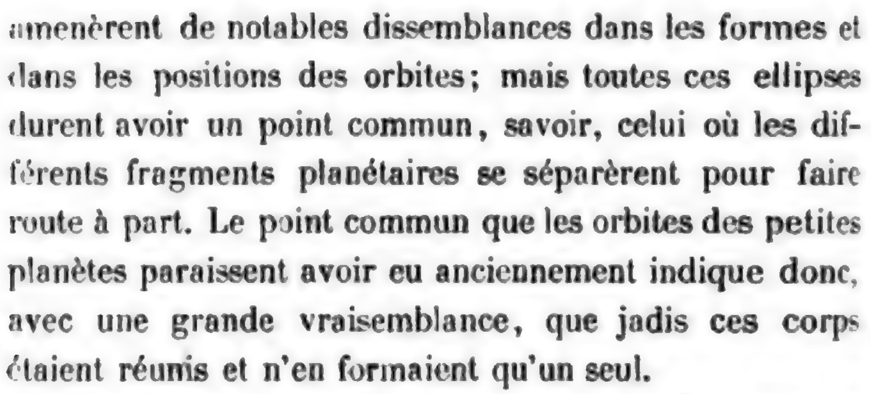
Si le phénomène supposé par Olbers a eu lieu, quelle peut en avoir été la cause? N'est-ce pas une comète qui aurait brisé la grosse planète pour en former Cérès, Pallas, Junon, Vesta, Iris, et plusieurs autres? Examinons la question avec quelques détails.

Parmi les orbites des petites planètes, celles de Cérès et de Pallas sont presque exactement égales entre elles. L'orbite de Junon et surtout celle de Vesta ont des

dimensions sensiblement plus petites. En faisant tourner, de quantités convenables, les plans très-différents qui contiennent les quatre orbites, sans toutefois changer leurs inclinaisons respectives au plan de l'écliptique ; en d'autres termes, en changeant seulement les directions des lignes des nœuds, on trouve des positions dans lesquelles ces quatre courbes sont pour ainsi dire entrelacées. Tout portait donc Olbers à supposer que les quatre petites planètes, à chacune de leurs révolutions, passaient anciennement par un même point de l'espace.

Cette circonstance serait sans contredit très-extraordinaire, si Cérès, Pallas, Junon, Vesta et les autres petites planètes qui satisferont à la même condition, avaient toujours été des corps indépendants les uns des autres. Elle deviendra au contraire toute simple, elle découlera de la nature même des choses, si l'on regarde les petites planètes comme des fragments d'une planète beaucoup plus grosse qui, d'un seul coup, a été réduite en un certain nombre d'éclats.

En effet, une planète proprement dite, sauf les dérangements connus sous le nom de perturbations, suit constamment la même route. A chacune de ses révolutions, elle repasse par la même série de points. Or, à l'instant même où, d'après l'hypothèse que nous venons de faire, la grosse planète se brisa, chacun de ses fragments devint, dans toute l'acception du terme, une véritable planète, et il commença à décrire la courbe le long de laquelle son mouvement propre devait éternellement s'effectuer. Quelques différences d'intensité et de direction entre les forces qui projetèrent les divers éclats



amenèrent de notables dissemblances dans les formes et dans les positions des orbites; mais toutes ces ellipses durent avoir un point commun, savoir, celui où les différents fragments planétaires se séparèrent pour faire route à part. Le point commun que les orbites des petites planètes paraissent avoir eu anciennement indique donc, avec une grande vraisemblance, que jadis ces corps étaient réunis et n'en formaient qu'un seul.

Cette théorie, sur l'origine commune d'un certain nombre des planètes télescopiques, a été reçue avec un assentiment presque général. Il fallut ensuite rechercher la cause qui détermina la rupture de la grande planète. Les uns, se rappelant ces puissantes actions souterraines dont les projections de laves, de pierres et de torrents de cendres sont les effets habituels, pensèrent que si les cratères volcaniques, comme des espèces de soupapes de sûreté, ne donnaient pas lieu à des fuites partielles, que si la surface du globe n'offrait aucune fissure, sa croûte solide ne pourrait pas, à la longue, résister à la force toujours croissante que les phénomènes chimiques développent dans les entrailles de la Terre, et qu'il en résulterait quelque effroyable explosion. C'est ainsi qu'éclata, suivant eux, la grande planète dont nous voyons des débris dans Cérès, Pallas, Junon, Vesta, Iris, etc.

Les autres rejetèrent toute assimilation entre des planètes et les chaudières, si sujettes à explosion, de nos machines à vapeur. Dans leurs idées, une sphère planétaire solide ne peut être brisée que par une percussion très-forte; or, qui n'a déjà deviné que, dans

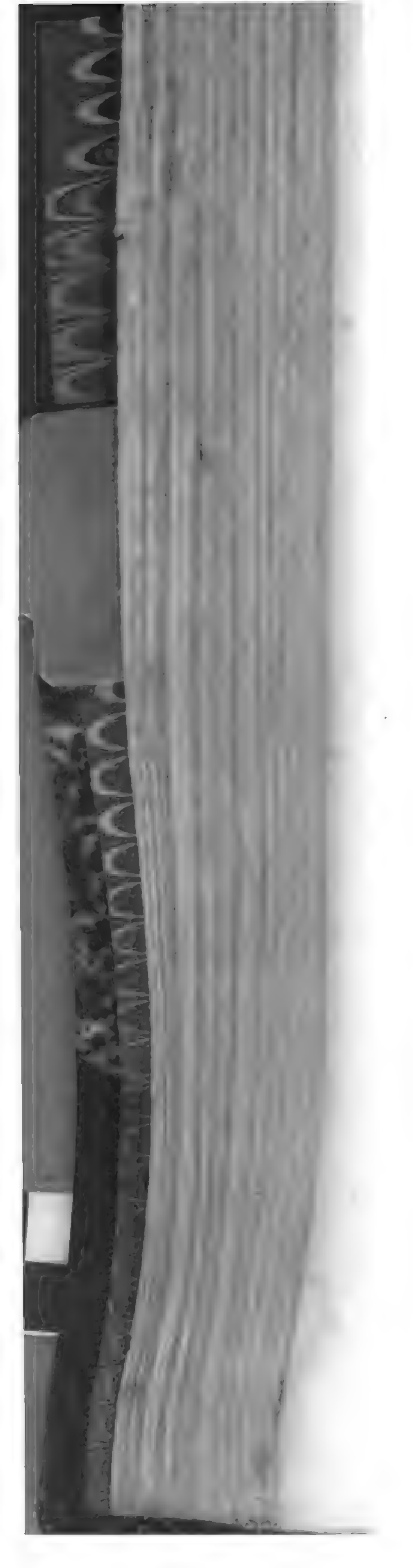
ce système, des comètes seront les corps choquants?

Il semble difficile de trouver dans la forme et l'aspect des petites planètes, des arguments sans réplique qui puissent faire adopter une des deux hypothèses à l'exclusion de l'autre. Je dois rapporter ici, cependant, des considérations singulières sur lesquelles s'appuient les partisans du choc des comètes.

Les nouvelles planètes sont très-petites. D'après les quelques mesures que nous avons citées précédemment, les surfaces de Cérès, de Pallas, de Junon, de Vesta, surpasseraient à peine celles de quelques-unes des îles que présente la Terre.

Dans les grandes planètes, comme Mars, Jupiter et Saturne, on aperçoit des traces d'atmosphère; mais ce sont des traces seulement, et l'on ne parvient à les faire ressortir qu'à l'aide des observations les plus subtiles. Dans les planètes télescopiques, au contraire, les phénomènes atmosphériques paraissent se développer sur une immense échelle.

D'après les mesures de Schrœter, l'atmosphère de Cérès n'aurait pas moins de 276 lieues de hauteur; celle de Pallas, plus petite, s'élèverait cependant encore à 192 lieues. Jusqu'ici les seules comètes s'étaient montrées accompagnées d'enveloppes gazeuses aussi étendues. Eh bien, a-t-on dit, supposons que l'ancienne et grosse planète comprise entre Mars et Jupiter ait été brisée par une comète, et tout sera expliqué. L'atmosphère cométaire, en effet, cette nébulosité qu'on appelle la chevelure, n'ayant pu être anéantie par la percussion, se sera partagée entre les divers fragments et aura



formé autour de chacun d'eux une immense atmosphère. Cette théorie est ingénieuse; malheureusement un fait capital est venu la confondre : Vesta n'a pas offert jusqu'ici de traces certaines d'atmosphère. Or, quelle est la cause qui aurait pu la déshériter entièrement de la part qui lui serait revenue dans le partage de l'atmosphère cométaire?

LIVRE XXVI

MÉTÉORES COSMIQUES

CHAPITRE PREMIER

AVANT-PROPOS

La fourmilière de planètes dont nous avons donné l'histoire dans le livre précédent tranche nettement avec les autres grands corps du système solaire par la petitesse des dimensions de ces astéroïdes, dont quelques-uns sont inférieurs à l'un des petits royaumes de l'Europe. Rien ne s'oppose à l'hypothèse faite par plusieurs astronomes et physiciens, de l'existence dans les espaces planétaires de corps ayant des proportions beaucoup plus faibles encore. Aussi a-t-on rattaché, dans ces dernières années, avec une très-grande probabilité, aux lois générales du système du monde, des météores qui avaient beaucoup occupé les anciens et qu'on avait vainement cherché à expliquer soit par l'action de la foudre, soit par des condensations de vapeurs métalliques qui se seraient élevées jusqu'aux régions extrêmes de l'atmosphère terrestre, soit par des traînées de gaz hydrogène enflammé. Les pierres météoriques, ou *aérolithes*, qui tombent à la surface de la Terre, les globes de feu nommés *bolides*, qui paraissent et disparaissent tout à coup et présentent

un diamètre sensible, les *étoiles filantes*, qui tracent un trait de feu presque sans épaisseur dans le ciel étoilé, ce ne sont plus là que des corps errants dans l'espace et que notre planète vient rencontrer dans sa course annuelle autour du Soleil.

CHAPITRE II

AÉROLITHES

De tous les météores cosmiques le plus rare est celui de la chute de pierres à la surface de notre globe. En consultant les historiens de l'antiquité on trouve des récits plus ou moins positifs de pareils phénomènes. Cependant on a longtemps nié qu'il fût réellement possible que des pierres tombassent du ciel. Ce sont surtout les travaux persévérants de Chladni qui ont démontré par des faits nombreux l'existence incontestable de petites masses qui, errant dans les espaces planétaires, sont venues à plusieurs reprises rencontrer la Terre.

§ 1. — Composition chimique des aérolithes.

L'analyse chimique a jeté un jour nouveau sur l'histoire des pierres météoriques en faisant connaître leur composition. Chose remarquable, les travaux successifs de Howard, Klaproth, Thenard, Vauquelin, Proust, Berzelius, Stromeyer, Laugier, Dufrénoy, Gustave et Henry Rose, Boussingault, Berthier, Cordier, Barthold, Rammelsberg et Shepard, n'ont révélé dans les aéro-

lithes que des substances connues à la surface de la Terre. Selon M. Rammelsberg, cité par mon illustre ami Alexandre de Humboldt dans son *Cosmos*, les corps simples dont on a jusqu'ici reconnu l'existence dans les pierres météoriques sont les suivants : « L'oxygène, le soufre, le phosphore, le carbone, le silicium, l'aluminium, le magnésium, le calcium, le potassium, le sodium, le fer, le nickel, le cobalt, le chrome, le manganèse, le cuivre, l'étain et le titane; nombre total : dix-huit. Les éléments les plus immédiats sont, parmi les composés métalliques : le fer allié de nickel, une combinaison de phosphore avec du fer et du nickel, du sulfure de fer et des pyrites magnétiques; parmi les substances oxydées : le fer magnétique et le chromate de fer; parmi les silicates : l'olivine, l'anortite, le labrador et l'augite. »

Parmi les métaux dont on a découvert l'existence dans les pierres météoriques, Howard a reconnu le nickel, Stromeyer le cobalt, Laugier le cuivre et le chrome, Berzelius l'étain.

On voit que les aérolithes sont formés de matières extrêmement variées. Lors même que d'après leur aspect on est porté à les considérer comme des masses de fer, ils ne sont pas formés de ce seul corps, mais ils ont une composition en général très-complexe.

Chladni, Bigot de Morogues, MM. Hoff, Kæmtz, Quetelet et quelques autres ont dressé des catalogues des chutes de pierres connues depuis les temps historiques.

J'ai chargé M. Barral de compléter ces catalogues, autant que possible. Le signe d'interrogation (?) indique les chutes que l'on ne doit pas considérer comme parfai-

tement constatées. Nous distinguons les chutes d'aérolithes proprement dits qui ont eu des témoins, celles de masses qui doivent être, d'après leur aspect, regardées comme étant tombées du ciel, et les chutes de poussières.

§ 2. — Chutes d'aérolithes avant le commencement de notre ère.

? 1478 ans avant notre ère, en Crète; la pierre de foudre dont Malchus parle, probablement regardée comme le symbole de Cybèle. (*Chronique de Paros*, lig. 18 et 19.)

La pluie de pierres dont parle Josué n'était peut-être que de la grêle.

1460. « Dieu envoya de grandes pierres du ciel. » (Conrad Lycosthène, *Prodigiorum ac ostentorum chron.*)

1200. Pierres conservées à Orchomène. (Pausanias.)

? 1168. Une masse de fer sur le mont Ida, en Crète. (*Chronique de Paros*, ligne 22.)

? 705 ou 704. L'Ancyle, probablement une masse de fer, à peu près de la même forme que celles du Cap et d'Agram (voir plus loin, pages 193 et 205). (Plutarque.)

654. Pluie de pierres sur le mont Albain. (Tite Live, I, 31.)

644 (au printemps). Cinq pierres dans le pays de Song, en Chine. (De Guignes.)

465. Chute d'une grande pierre près du fleuve Ægos, en Thrace. (Plutarque, Pline et autres.) Une pierre près de Thèbes. (*Scholiaste de Pindare.*)

459. Il pleut des pierres dans le Picenum (Marche d'Ancône). (Lycosthène.)

403. Chute d'une pierre considérée comme un présage. (Lycosthène.)

343. Pluie de pierres à Rome. (Julius Obsequens.)

211. Chute d'une pierre en Chine. (De Guignes et *Histoire générale de la Chine.*)

De 206 à 205. Pierres ignées. (Plutarque, *Fab. Max.*, c. 2.)

200. Il pleut des pierres. (Lycosthène.)

192. Une pierre en Chine. (De Guignes.)

176. Une pierre dans le lac de Mars. (Tite Live, XLI, 9.)

90 ou 89. *Lateribus coctis pluit.* (Pline et Julius Obsequens.)

89. Deux pierres à Yong, en Chine. (De Guignes.)

54. Fer spongieux, en Lucanie. (Pline.)

? 46. Pierres à Acilia, en Afrique. (César.)

38, 29, 22, au printemps; 19, 12, 9, 6. Chutes de pierres en Chine. (De Guignes.)

§ 3. — Aérolithes tombés à des époques qu'on ne peut pas déterminer.

La Mère des Dieux, tombée à Pessinunte.

L'Élagabale, à Émisa, en Syrie.

La pierre conservée à Abydos, en Asie Mineure, et celle de Cassandrie, en Macédoine. (Pline, II, 59, 3.)

La pierre noire et encore une autre qui se trouvent dans la Kaaba de la Mecque.

La pierre conservée dans le siége de couronnement des rois d'Angleterre, n'est pas, comme on l'avait pensé, une pierre météorique.


§ 4. — Chutes d'aérolithes depuis le commencement de notre ère.

Dans les années 2, 106, 164, 310 et 333, des pierres tombèrent en Chine. (Abel Rémusat, *Journal de phys.*, mai 1819.)

La prétendue pierre tombée du ciel en 416, à Constantinople, dont Sethus Calvisius fait mention dans sa *Chronologie*, n'était qu'une pierre de la grande colonne de Constantin, qui, par sa chute, avait endommagé le piédestal.

..... Une pierre dans le pays des Vocontiens. (Pline, liv. II, 59, 3.)

452. Trois grandes pierres en Thrace. (Cedrenus et Amm. Marcellinus.)

VIe siècle. Pierres sur le mont Liban, et près d'Émisa, en Syrie. (Damascius.)

? 570 à peu près. Pierres près de Bender, en Arabie. (*Le Coran*, VIII, 16; CV, 3 et 4, et les commentateurs.)

616. Pierres en Chine. (Abel Rémusat.)

? 648. Une pierre ignée à Constantinople. (Quelques chroniques.)

823. Chute de pierres à Frihsazi, en Saxe. (*Annales Fuldenses.*)

? 837. On assure que de grandes pierres sont tombées du ciel mêlées avec de la grêle. (Lycosthène.)

839. Pierres dans le Japon. (Abel Rémusat.)

852, en juillet ou août. Une pierre dans le Tabéristan. (De Sacy et Quatremère.)

856, en décembre. Cinq pierres, en Égypte. (Les mêmes.)

885. Pierres dans le Japon. (Abel Rémusat.)

897. A Ahmed-Dad, près de Koufah, chute de pierres. (Quatremère, suivant la *Chron. syr.*, en 892.)

921. De grandes pierres à Narni. (Chronique manuscrite du moine Benedictus de Saint-Andrea, qui se trouve dans la bibliothèque du prince Chigi à Rome.)

951. Une pierre à Augsbourg. (Alb. Stadius et autres.)

956. « Une pierre d'une grosseur extraordinaire a été lancée du ciel sur la terre. » (Lycosthène.)

963. « Une grande pierre est encore tombée du ciel. » (Lycosthène.)

965 à 971, sous le pape Jean XIII. Une pierre en Italie. (Platina.)

998. Pierres à Magdebourg. (Cosmas et Spangenberg.)

1009, ou peu de temps après. Masse de fer dans le Djorjan. (Avicenne.)

1021, entre le 24 juillet et le 21 août. Pierres en Afrique. (De Sacy.)

?1057. « Des pierres d'une grosseur étonnante tombent avec de la grêle. » (Dom Bouquet, tome XI, page 22.)

1057. Une pierre en Corée. (Abel Rémusat.)

1093, 4 avril. « On vit, au lever de l'aurore, un grand nombre d'étoiles tomber du ciel sur la Terre, et même une très-grande d'entre elles fut trouvée sur le sol. » (Chasles.)

1112. Pierres ou fer, près d'Aquileja. (Valvasor.)



1135 ou 1136. Une pierre à Oldisleben. (Spangenberg, *Chron. sax.*)

1164. A la fête de Pentecôte, pluie de fer en Misnie. (Georg. Fabricius.)

1186, 8 juillet. Chute de pierres à Mons. (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. VII.)

? 1194. Des pierres tombent du ciel avec la pluie. (Lycosthène.)

? 1197. Des pierres tombèrent du ciel avec la pluie. (Lycosthène.)

1198, 8 juin. Chute de pierres aux environs de Chelles, près de Paris. (Sauval.)

1198, vers la fête de Saint-Jean-Baptiste (24 juin). Des pierres d'une grosseur étonnante tombèrent du ciel. (Lycosthène.)

1198, juillet. On vit tomber du ciel des pierres grosses comme de fortes noix, comme des œufs en certains lieux, et, assure-t-on, plus grosses encore. (*Recueil des Historiens des Gaules.*)

1249, 26 juillet. Pierres à Quedlinbourg, etc. (Spangenberg et Rivander.)

? XIIIe siècle. Une pierre à Würtzbourg. (G. Schott.)

Entre 1251 et 1363. Pierres à Véliki-Oustioug, en Russie. (*Annales de Gilbert*, tome XXXV.)

? 1280. Une pierre à Alexandrie, en Égypte. (De Sacy.)

1300 environ. De grandes pierres en Aragon, d'après une chronique manuscrite conservée dans le Musée national de Pest, en Hongrie, faisant la continuation de celle de Martinus Polonus.

1304, 1er octobre. Pierres à Friedland ou Friedberg. (Kranz et Spangenberg.)

1328, 9 janvier. Chute de pierres dans le Mortahiah et Dakhahiah. (Quatremère.)

1358. Une pierre en Chine. (Édouard Biot.)

? 1368. Dans le pays d'Oldenbourg, une masse de fer. (Siebrand Meyer.)

1379, 26 mai. Une pierre à Minden, en Hanovre. (Lerbecius.)

1421. Une pierre dans l'île de Java. (Sir Thomas Stamford Raffles, vol. II, p. 137.)

1438. Pierres spongieuses, à Roa, près de Burgos, en Espagne. (Proust.)

1474. Près de Viterbe, deux grandes pierres. (*Biblioteca italiana*, tome XIX, p. 461, septembre 1820.)

1491, 22 mars. Pierre près de Crema. (Simoneta.)

1492, 7 novembre. A Ensisheim (Haut-Rhin). Énorme pierre tombée près de Maximilien Ier, roi des Romains. (Vauquelin et Fourcroy.)

1496, 26 ou 28 janvier. Pierres à Césène, etc. (États-Romains). (Buriel et Sabellicus.)

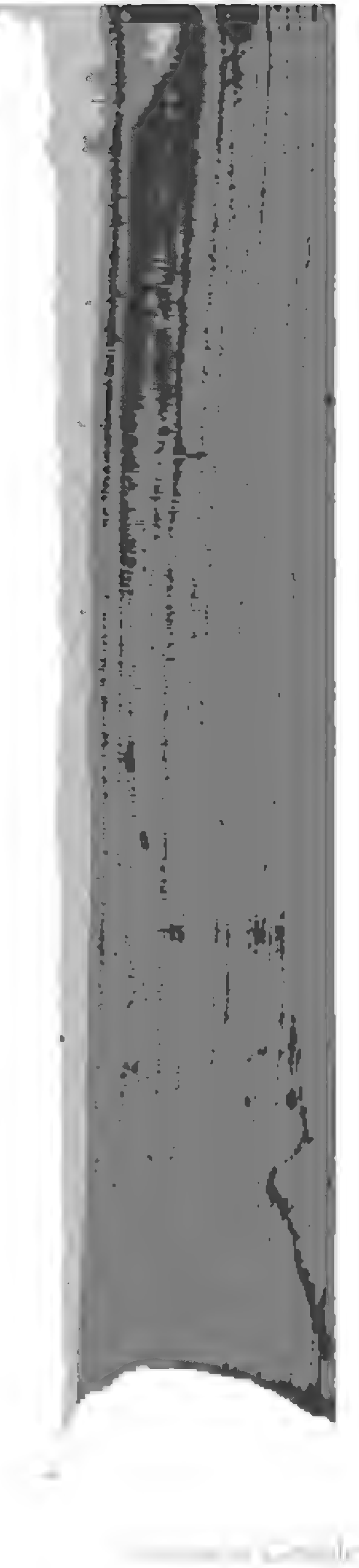
? Dans le même siècle. Une pierre près de Lucerne. (Cysat.)

1511, vers le milieu de septembre. Grande chute de pierres à Crema, et sur les bords de l'Adda. (Giovanni del Prato et autres.)

1516. En Chine, deux pierres. (Abel Rémusat.)

1520, en mai. Pierres en Aragon. (Diego de Sayas.)

? 1528. De grandes pierres à Augsbourg. (*Chronique saxonne* de Dresser.)



? 1540, 28 avril. Pierres dans le Limousin. (Bonaventure de Saint-Amable.)

1540, 14 juin. Quatre pierres en Chine. (Édouard Biot.)

1540 à 1550. Masse de fer dans la forêt de Neuhof. (*Chronique des mines de Misnie.*)

1540 à 1550. Fer en Piémont. (Mercati et Scaliger.)

1552, 19 mai. Pierres en Thuringe, aux environs de Schleusingen. (Spangenberg.)

1559. Cinq pierres à Miskolz, en Hongrie. (Ittuanfi, dans son *Historia Hungariæ.*)

1561, 17 mai. A Torgau et Eilenburg. (C. Gesner et de Boot.)

1564, 1er mars. Pluie de pierres entre Malines et Bruxelles. (*Ann. de Gilbert.*)

1565, 3 juillet. Pierres noires en Chine. (Éd. Biot.)

1580, 27 mai. Pierres près de Gœttingue. (Bange.)

1581, 26 juillet. Pierre en Thuringe. (Binhard, Olearius.)

1583, 9 janvier. Une grosse pierre à Castrovillari, en Calabre. (Mercati et Imperati.)

1583, 2 mars. Une pierre en Piémont. (Mercati.)

1585. Chute de pierres en Italie. (Imperati.)

1591, 9 juin. Chute de grandes pierres à Kunersdorf. (Angelus.)

1596, 1er mars. Pierres à Crevalcuore. (Mittarelli.)

1603. Une pierre dans le royaume de Valence. (Cæsius et les jésuites de Coïmbre.)

1618, en août. Grande chute de pierres en Styrie. (*Mines de l'Orient*, par M. de Hammer.)

1618, 12 novembre. Une pierre en Chine. (Édouard Biot.)

1618. Masse métallique en Bohême. (Kronland.)

1620, 17 avril. Masse de fer près de Lahore. (Jean Guir, empereur du Mogol.)

1622, 10 janvier. Pierre en Devonshire. (Rumph.)

1628, 9 avril. Près de Hatford, en Berkshire. (*Gentleman's Magazine*.)

1634, 27 octobre. Pierres en Charolais. (Morinus.)

1635, 21 juin. A Vago, en Italie. (Francesco Carli.)

? 1635, 7 juillet. Pierre à Calce. (Valisneri.)

1636, 6 mars. Une pierre entre Sagan et Dubrow, en Silésie. (Lucas et Cluverius.)

1637, 27 novembre. En Provence, sur le mont Vaisien. (Gassendi; quelques auteurs portent à tort 1627.)

1642, 4 août. En Suffolk. (*Gentleman's Magazine*.)

? 1643 ou 1644. Pierres en mer. (Wurfbain.)

1647, 18 février. Une pierre près de Zwickau. (Schmid.)

1647, en août. Pierres à Stolzenau, en Westphalie. (*Annales de Gilbert*.)

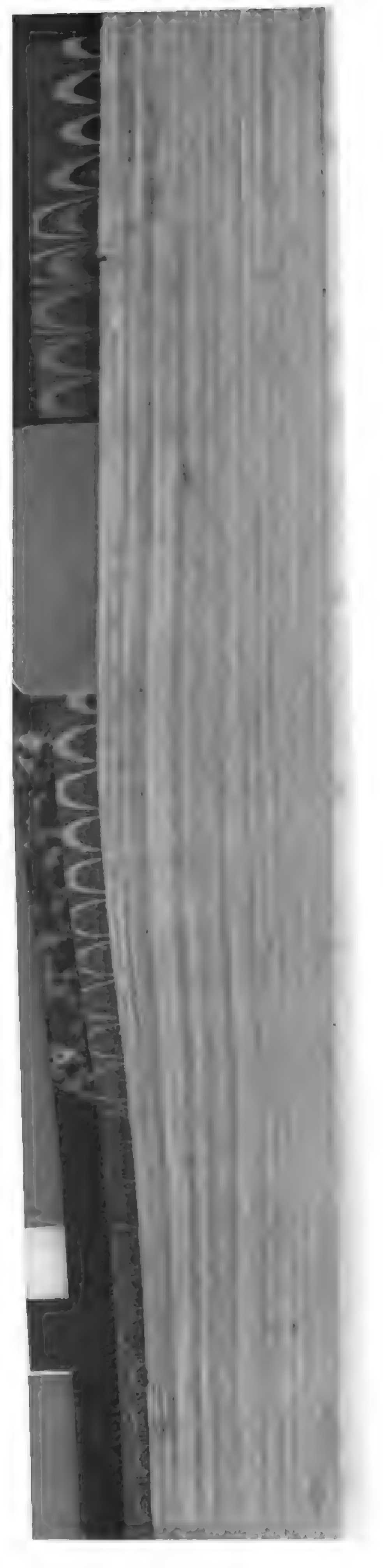
Entre 1647 et 1654. Une masse en mer, qui tua deux hommes. (Willmann.)

1650, 6 août. Une pierre à Dordrecht. (Sanguerd.)

1654, 30 mars. Pierres dans l'île de Fune, en Danemark. (Bartholinus.)

..... A Varsovie, une grande pierre. (Petr. Borellus.)

..... A Milan, une petite pierre qui a tué un Franciscain. (*Museum septalianum*.)



? 1667. Pierres à Chiraz, en Perse.

1668, 19 ou 21 juin. Grande chute de pierres à Vérone. (Valisneri, Montanari, Fr. Carli.)

1671, 27 février. Pierres en Souabe. (*Ann. de Gilbert*, tome XXXIII.)

1674, 6 octobre. Pierres près de Glaris, en Suisse. (Scheuchzer.)

? Entre 1675 et 1677. Pierres près de Copinsha. (Wallace et *Gentleman's Magazine*, juillet 1806.)

1677, 28 mai. Pierres à Ermendorf (Saxe), qui probablement contenaient du cuivre. (*Miscellanea naturæ curiosorum*, 1677, app.)

1680, 18 mai. Pierres à Londres. (King.)

1690, 2 janvier. Chute de pierres à Iéna. (Kæmtz.)

1697, 13 janvier. Chute de pierres, près de Sienne. (Soldani, d'après Gabrieli.)

1698, 19 mai. Pierre à Waltring, canton de Berne. (Scheuchzer.)

1704, 25 décembre. Chute de pierres à Barcelone, en Espagne. (Kæmtz.)

1706, 7 juin. Pierre à Larisse, en Thessalie. (Paul Lucas.)

1715, 11 avril. Des pierres non loin de Stargard, en Poméranie. (*Ann. de Gilbert*, tome LXXI, p. 215.)

1722, 5 juin. Pierres près de Schefftlar, en Freisinge. (Meichelbeck.)

1723, 22 juin. Chute de trente-trois pierres à Plescowitz, en Bohême. (Rost et Stepling.)

La prétendue chute de métal, en 1731 (*Mém. de l'Acad. des sc.*), à Lessay, n'était qu'une phosphores-

cence électrique des gouttes de pluie, car dom Halley ne dit pas : Il tombait des gouttes de métal embrasé et fondu, mais il tombait *comme* des gouttes, etc.

1727, 22 juillet. Chute près de Liboschitz, en Bohême. (Stepling.)

1731, 12 mars. Chute d'une grosse pierre à Halstead, dans le comté d'Essex, en Angleterre. (Kæmtz.)

1738, 18 octobre. Pluie de pierres près de Carpentras. (Castillon.)

1740, 25 octobre. Pierres à Rasgrad, en Turquie. (*Ann. de Gilbert*, tome L.)

1740 ou 1741, en hiver. Une grande pierre dans le Groënland. (Egede.)

? 1743. Pierres à Liboschitz, en Bohême. (Stepling.) Peut-être la même qui est indiquée à l'année 1723.

1750, 1er octobre. Pierre à Nicor, près de Coutances. (Huard et Lalande.)

1751, 26 mai. Deux masses de fer à Hradschina, près d'Agram, en Croatie. (Klaproth.)

1753, 3 juillet. Pierres à Plaw, près du mont Tabor, en Bohême. (Stepling et Mayer.)

1753, en septembre. A Luponas, près de Pont-de-Veyle (Ain). (Lalande et Richard.)

1755, en juillet. Pierre en Calabre. (Domin. Tata.)

? 1759, 13 juin. Chute d'une pierre à Captieux, près de Bazas (Gironde).

1766, en juillet. Pierre à Alboreto, près de Modène. (Troili, Vassali.)

? 1766, 15 août. Pierre à Novellara. (Troili.) Peut-être une pierre fondue par la foudre.

1768, 13 septembre. Un aérolithe à Lucé (Sarthe). (*Mém. de l'Académie des sciences* pour 1769.)

1768. Une pierre à Aire (Pas-de-Calais). (*Idem.*)

1768, 20 novembre. Pierre à Maurkirchen, en Bavière. (Imhof.)

1773, 17 novembre. Pierre à Sena, en Aragon. (Proust.)

1775, 19 septembre. Pierres près de Rodach, en Gobourg. (*Ann. de Gilbert*, tome XXIII.)

1775 ou 1776. Pierres à Obruteza, en Volhynie. (*Ann. de Gilbert*, tome XXXI.)

1776 ou 1777, en janvier ou février. Grande chute de pierres près de Fabbriano, ancien duché de Camerino. (Soldani et Amoretti.)

1779. Pierres à Petris-wood, en Irlande. (*Gentleman's Magazine.*)

1780, 11 avril. Chute de pierres près de Beeston, en Angleterre. (*Lloyd's Evening Post.*)

1780 environ. Des masses de fer dans le territoire de Kinsdale, entre West River Mountain et Connecticut. (*Quarterly Review*, avril 1824.)

1782. Pierres près de Turin. (Tata et Amoretti.)

1785, 19 février. Pierres à Eichstædt. (Pictet et Stutz.)

1787, 1er octobre. Dans la province de Charkow, en Russie. (*Ann. de Gilbert*, tome XXXI.)

1788, 13 juillet. Plusieurs pierres en France. (King.)

1789, en juillet. Chute d'un grand nombre de pierres à Barbotan, près de Roquefort, dans les landes de Bordeaux. (Vauquelin, *Annales de chimie*, t. XLV.)

1790, 24 juillet. Chute de pierres à Juliac (Lot-et-Garonne). (*Idem.*)

1791, 17 mai. Pierres à Castel-Berardenga. (Soldani.)

1791, 20 octobre. Pierres à Menabilly, en Cornwall. (King.)

1794, 16 juin. Chute de pierres aux environs de Sienne (Toscane). (Hamilton.)

1795, 13 avril. Chute d'une pierre à Ceylan. (Le Beck.)

1795, 13 décembre. Grosse pierre à Wold-Cottage, en Yorkshire. (Howard.)

1796, 4 janvier. Chute de pierres près de Belaja-Zerkwa, en Russie. (*Ann. de Gilbert*, tome XXXV.)

1796, 19 février. Chute d'une pierre en Portugal. (Southey.)

1798, 8 ou 12 mars. Pierres à Sales, près de Villefranche (Rhône). (De Drée, etc.)

1798, 19 décembre. Pierres à Krak-Hut, près de Bénarès, au Bengale. (Howard, lord Valentia.)

1800, 1er avril. Chute d'une pierre à Bumstead, dans le comté d'Essex. (Kæmtz.)

1801. Chute de pierres dans l'île des Tonneliers. (Bory de Saint-Vincent.)

1802, en septembre. Pierres en Écosse. (*Monthly Magazine*, octobre 1802.)

1803, 26 avril. Pierres aux environs de l'Aigle (Orne). (Biot.)

1803, 4 juillet. Chute d'une pierre à East-Norton, en Angleterre. (*Philos. Magaz.* et *Bibl. Brit.*)

1803, 8 octobre. Une pierre à Saurette, près d'Apt (Vaucluse).

1803, 13 décembre. Chute d'une pierre près de Eggenfelde, en Bavière. (Imhof.)

1804, 5 avril. Une pierre près de Glasgow (Écosse). (*Philos. Magaz.* et *Bibl. Brit.*)

De 1804 à 1807. A Dordrecht. (Van Beck-Calkoen.)

1805, 25 mars. Pierres à Doroninsk, en Sibérie. (*Ann. de Gilbert,* tomes XXIX et XXXI.)

1805, en juin. Chute d'une pierre à Constantinople. (Haïr-Kougas-Ingizian.)

1806, 15 mars. Chute de deux aérolithes, l'un à Saint-Étienne-de-Lolm, l'autre à Valence, villages situés aux environs d'Alais (Gard). (Pagès et d'Hombres-Firmas, *Ann. de phys.*, t. LXII.)

1806, 17 mai. Pierre en Hampshire. (*Monthly Magaz.*)

1807, 13 mars. Pierre près de Timochin, dans le gouvernement de Smolensk. (*Ann. de Gilbert.*)

1807, 14 décembre. Pierres près de Weston, dans le Connecticut. (Silliman.)

1808, 19 avril. Chute de pierres à Borgo San-Donino, près de Parme. (Guidotti et Sgagnoni.)

1808, 22 mai. Chute de pierres près de Stannern, en Moravie. (Klaproth.)

1808, 3 septembre. Chute de pierres à Lissa, près de Prague, en Bohême. (De Schreibers.)

? 1809, 17 juin. Chute de pierres en mer, près de l'Amérique septentrionale. (*Medical Repos.* et *Bibl. Britannique.*)

1810, 30 janvier. Pierre à Caswell, en Amérique. (*Phil. Magaz.* et *Medical Reposit.*)

1810, dans la nuit du 20 au 21 avril. Chute d'une

énorme masse de fer météorique à Santa-Rosa (Nouvelle-Grenade). (Boussingault.)

1810, en juillet. Une grande pierre à Shabad, dans l'Inde. Le météore a causé de grands dégâts. (*Philos. Magaz.*, tome XXXVII.)

1810, en août. Une pierre dans le comté de Tipperary, en Irlande. (William Higgins.)

1810, 23 novembre. Pierres à Charsonville, près d'Orléans. (Bigot de Morogues.)

1811, 13 mars. Une pierre dans la province de Pultawa, en Russie. (*Ann. de Gilbert*, tome XXXVIII.)

1811, 8 juillet. Pierres à Berlanguillas, sur la route d'Aranda à Roa, en Espagne. (Général Dorsenne.)

1812, 10 avril. Chute abondante de pierres près de Toulouse. (De Puymaurin.)

1812, 15 avril. Une grosse pierre à Ersleben, dans le duché de Brunswick. (*Annales de Gilbert*, t. XL et XLI.)

1812, 5 août. Grosse pierre à Chantonnay (Vendée). (Brochant.)

1813, 14 mars. Pierre à Cutro, en Calabre, pendant la chute d'une grande quantité de poussière rouge. (*Bibl. Brit.*, octobre 1813.)

? 1813, en été. Beaucoup de pierres près de Malpas, non loin de Chester. (Thomson, *Ann. of Philosophy*, novembre 1813.) La relation ne me paraît pas digne d'une entière confiance, parce qu'elle est anonyme et surtout parce qu'il n'y a pas eu d'autres notices de cet événement.

1813, 10 septembre. Pierres près de Limerick, en Irlande. (*Philos. Magaz.* et *Gentlem. Magaz.*)



1813, 13 décembre, d'après Nordenskiold (*Annales de Chimie*, tome xxv, p. 78), ou 1814, en mars, d'après un rapport communiqué à l'Académie de Pétersbourg. Pierres aux environs de Lontalar et Sawitaipal, non loin de Wiborg, en Finlande. Ces pierres ne contiennent pas de nickel.

..... M. Murray fait mention dans le *Philosophical Magazine*, juillet 1819, page 39, d'une pierre tombée à Pulrose, dans l'île de Man, sans préciser la date. Il dit que l'événement est certain et que la pierre était très-légère et semblable à une scorie. Elle devait donc ressembler aux pierres tombées en Espagne en 1438 (voir p. 189).

1814, 3 février. Pierre près de Bachmut, dans le gouvernement d'Ékaterinoslaw, en Russie. (*Ann. de Gilbert*, tome L.)

1814, dans le milieu de mars. Chute de pierres à Sawotaipola, en Finlande. (Kæmtz.)

1814, 5 septembre. Nombreuses pierres près d'Agen (Lot-et-Garonne). (*Ann. de chim.*, t. XCII.)

1814, 5 novembre. Chute de pierres dans le Doab, aux Indes orientales. (*Phil. Mag.*, *Bibl. Brit.*, *Journal of sciences*.)

1815, 18 février. Une pierre à Duralla, aux Indes orientales. (*Philos. Magazine*, août 1820, page 156.)

1815, 3 octobre. Aérolithe à Chassigny, près de Langres (Haute-Marne). (*Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. I.)

1816. Pierre à Glastonbury, en Somersetshire. (*Philos. Magaz.*)

1816. Aérolithe à Confolens (Aude). (*France pittor.*, tome I.)

? 1817, entre le 2 et le 3 mars. Probablement des masses sont tombées dans la mer Baltique : après l'apparition d'un grand météore à Gothenbourg, on a vu, à Odensée, une pluie de feu descendre très-rapidement vers le sud-est. (*Journaux danois.*)

? 1818, 15 février. Une grande pierre paraît être tombée à Limoges, dans un jardin au sud de la ville. Après l'explosion d'un grand météore, une masse qui tomba fit dans la terre une excavation d'un volume égal à celui d'une grande futaille. (*Gazette de France* et *Journal du commerce*, du 25 février 1818.) Il aurait fallu et il serait encore convenable de déterrer la masse.

1818, 30 mars. Une pierre près de Zaborzyca, en Volhynie, analysée par Laugier. (*Annales du Muséum*, 17e année, 2e cahier.)

1818, 10 août. Une pierre est tombée à Slobodka, dans la province de Smolensk, en Russie, d'après plusieurs journaux.

1818, 6 septembre. Aérolithe à Kilkel, en Prusse. (Kæmtz.)

1819, 13 juin. A Jonzac, département de la Charente-Inférieure, des pierres ne contenant pas de nickel.

1819, 13 octobre. Pierres près de Politz, non loin de Géra ou Kostritz, dans la principauté de Reuss. (*Ann. de Gilbert*, tome LXIII.)

1820, entre le 21 et le 22 mai. Pierres dans la nuit, à Œdenburg, en Hongrie. (*Hesperus*, t. XXVII, cah. 3.)

1820, 12 juillet. Pierres près de Likna, dans le cercle

de Dünaborg, province de Witepsk, en Russie. (Théodore Grothus, *Ann. de Gilbert*, tome LXVII.)

1820, 29 novembre. Chute abondante de pierres aux environs de Cosenza, en Calabre. (M. Capocci, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XI, p. 357.)

1821, 15 juin. Pierres près de Juvénas, à 4 lieues d'Aubénas (Ardèche). Elles ne contiennent pas de nickel. (*Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, tome XVII.)

1822, 3 juin. Aérolithe tombé à Angers. (*Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. XX, p. 89.)

1822, 10 septembre. Chute de pierres près de Carlstadt, en Suède.

1822, 13 septembre. Chute d'un aérolithe près de la Baffe, à 2 lieues d'Épinal (Vosges). (*Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. XXI, p. 17.)

1822, en novembre. Aérolithe à Futtehpore dans l'Hindoustan. (Kæmtz.)

1823, 7 août. Près de Nobleborough, État du Maine, en Amérique. (*Silliman's American Journ.*, tome VII.)

1824, le 13 ou le 15 janvier. Beaucoup de pierres près d'Arenazzo, dans le territoire de Bologne. Une d'elles, pesant 6 kilogrammes, est conservée dans l'Observatoire de Bologne. (*Diario di Roma.*)

1824, 18 février. Grande pierre dans la province d'Irkutsk, en Sibérie. (Quelques journaux.)

1824, 14 octobre. Près de Zibrak, cercle de Béraun, en Bohême. La pierre est conservée au Musée national de Prague.

1825, 16 janvier. Pierre à Malwate, dans la partie occidentale de l'Hindoustan.

1825, 10 février. Chute de pierres à Nangimoy, dans l'État de Maryland.

? 1825, 12 mai. Masse de fer à Bayden, dans le Wiltshire, en Angleterre.

1825, 14 septembre. Chute de pierres aux îles Sandwich.

1826, 15 mars. Chute de pierres près de Lugano.

1826, 19 mai. Chute de pierres dans le district de Paulogrod, dans le gouvernement d'Ékaterinoslaw, en Russie.

? 1826, en août. Grosse pierre météorique, qui serait tombée pendant un orage sur le mont Galapian, dans le département de Lot-et-Garonne.

1827, 27 février. Chute de pierres près du village de Mhow, dans le district d'Azimo-Gesh (Hindoustan).

1827, 9 mai. Chute de pierres, à Drak-Creek, dans l'État de Tennessee (Amérique du nord).

? 1827, août. Très-grosse pierre dans la province de Kuld-schu, en Chine.

1827, 5 ou 8 octobre. Chute de pierres près du village de Knasti-Knasti, à quatre lieues de Bialystock.

1828, 4 juin. Chute de pierres près de Richmond, en Virginie (États-Unis).

1829, 8 mai. Chute de pierres près de Forsyth, en Géorgie (Amérique du nord).

1829, 14 août. Chute de pierres près de Deal, dans le New-Jersey (Amérique du nord).

1829, 9 septembre. Aérolithe à Krasnyi-Ugol, dans le gouvernement de Kasan. (Kæmtz.)

1829, 19 novembre. Chute d'une pierre à Prague.

1831, 18 juillet. Chute d'un aérolithe à Vouillé, dans le département de la Vienne.

1831, 9 septembre. Chute de pierres près de Wessely, dans le cercle de Hradisch, en Moravie.

1831, décembre. Chute de pierres en Moravie. (Plieninger.)

1833, 16 juillet. Chute d'aérolithes près du village Nachratschinsk, dans le gouvernement de Tobolsk.

1833, 25 novembre. Chute de pierres près de Blansko, en Moravie.

1834, avril. Pluie de pierres, dans la ville de Kandahar (Afghanistan).

1835, 13 novembre. Aérolithe tombé dans l'arrondissement de Belley (Ain). (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome I.)

1836, 11 décembre. Grande chute de pierres au village de Macao, à l'entrée du rio Assu (Brésil). (*Comptes rend. de l'Acad. des sciences*, t. V, p. 211.)

1837, août. Chute d'une pierre à Esnande (Charente-Inférieure).

1839, 13 février. Aérolithe dans le Missouri (États-Unis). (Quetelet.)

1839, 29 novembre. Chute de pierres près de Naples. (M. Cappocci.)

1840, 17 juillet. Chute d'une grosse pierre à Ceresetto, dans la province de Casal-Montferrat, à l'ouest de Milan.

1841, 12 juin. Chute d'un aérolithe dans la commune de Triguères, aux environs de Château-Renard (Loiret). (*Comptes rend. de l'Académie des sciences*, t. XII.)

1841, 17 juillet. Aérolithe dans le Milanais. (Quetelet.)

1841, 10 août. Aérolithe en Hongrie. (Quetelet.)

1842, 5 décembre. Chute d'un aérolithe aux environs de Langres. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, tome XV.)

1843, 2 juin. Chute de deux aérolithes aux environs d'Utrecht. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, tome XVI.)

1843, 16 septembre. Chute d'un grand aérolithe, à Kleinwenden, en Thuringe. (*Comptes rend. de l'Acad. des sciences*, tome XXV.)

1844, 21 octobre. Chute d'un aérolithe aux environs de Lessac (Charente). (*Comptes rend. de l'Acad. des sciences*, tome XIX.)

1847, 14 juillet. Chute d'un gros aérolithe à Braunau (Bohême). (*Comptes rend. de l'Acad. des scienc.*, t. XXV.)

La chute des aérolithes a été très-souvent accompagnée de violentes explosions. Il ne serait peut-être pas cependant exact de conclure de ce fait que tout météore qui, avant de disparaître, produit de fortes détonations, est un véritable aérolithe. Avec Chladni, je n'ai admis comme certaines que les chutes d'aérolithes dont on a pu retrouver les fragments, et j'ai rejeté les nombreux cas, relatés par divers auteurs, de globes de feu ayant éclaté dans l'atmosphère avec un grand bruit, lorsqu'on n'a découvert aucune pierre ayant les caractères de ces météores. L'ouvrage de Ma-touan-lin, auteur chinois du XIIIe siècle, traduit par M. Abel Rémusat, aurait par exemple fourni quatre-vingt-seize citations de ce genre. Selon ce que rapporte M. Rémusat, les Chinois et les Japonais notaient avec beaucoup d'exactitude toutes les

circonstances relatives à l'apparition de ces singuliers phénomènes. Ils avaient remarqué que les pierres tombent quelquefois par un temps parfaitement serein. Ils comparaient les détonations qu'elles font entendre à celles du tonnerre, au bruit d'un mur qui s'écroule, au mugissement d'un bœuf; le sifflement qui accompagne leur chute au bruissement des ailes des oies sauvages ou d'une étoffe qu'on déchire. Suivant eux, les pierres sont toujours brûlantes au moment où elles atteignent le sol; leur surface extérieure est noire; quelques-unes résonnent comme des substances métalliques quand on les frappe. Le nom qu'ils leur donnent veut dire : *étoiles tombantes changées en pierres.*

Les Chinois croyaient que les apparitions des aérolithes étaient liées aux événements contemporains, et c'est pour cela qu'ils en formaient des catalogues. Je ne sais pas, au reste, si nous aurions trop le droit de rire de ce préjugé. Les savants d'Europe étaient-ils plus sages lorsque, se refusant à l'évidence des faits, ils affirmaient que des chutes de pierres, venant de l'atmosphère, étaient impossibles? L'Académie des sciences ne déclarait-elle pas, en 1769, que la pierre ramassée au moment de sa chute, près de Lucé, par plusieurs personnes qui l'avaient suivie des yeux jusqu'au point où elle atteignit le sol, n'était pas tombée du ciel; enfin, le procès-verbal de la municipalité de Juliac, constatant que, le 24 juillet 1790 (voir plus haut, p. 194), il tomba dans les champs, sur les toits des maisons, dans les rues du village, une grande quantité de pierres, ne fut-il pas traité, dans les journaux de l'époque, de conte ridicule fait pour exciter la

pitié, non-seulement des savants, mais de tous les gens raisonnables? Les physiciens qui ne veulent admettre que des faits dont ils entrevoient une explication nuisent certainement plus à l'avancement des sciences que les hommes auxquels on peut reprocher une trop grande crédulité.

§ 5. — Masses de fer auxquelles on peut attribuer une origine météorique.

Les masses de fer probablement météoriques se distinguent par la présence du nickel, par leur tissu, par leur malléabilité et par leur gisement isolé.

Quelques-unes de ces masses sont spongieuses ou cellulaires; les cavités se trouvent remplies d'une substance pierreuse, semblable au péridote. Dans ce nombre il faut ranger :

La masse trouvée par Pallas, en Sibérie, dont les Tartares connaissaient l'origine météorique;

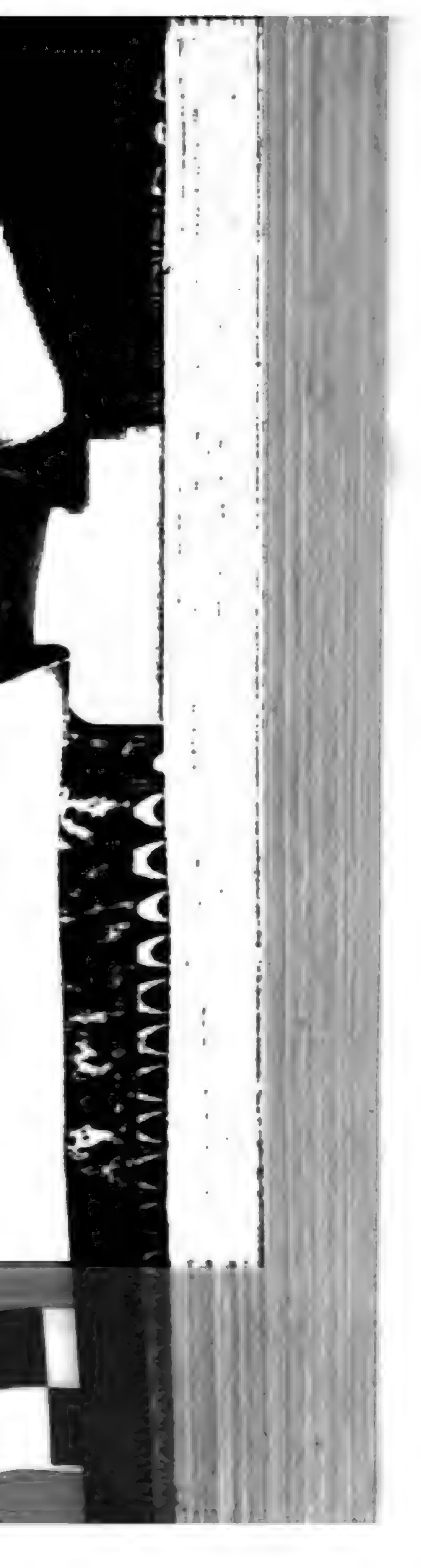
? Un morceau trouvé entre Eibenstock et Johanngeorgenstadt;

Une masse conservée dans le cabinet impérial de Vienne, provenant peut-être de la Norvége;

Une petite masse, pesant 2 kilogrammes, qui se trouve maintenant à Gotha.

D'autres masses sont à tissu solide et serré. Le fer consiste alors en rhomboèdres ou en octaèdres, composés de couches ou feuilles parallèles. La seule chute bien connue de masses de ce genre est celle qui eut lieu à Agram, en 1751 (voir plus haut. p. 184 et 193).

Quelques autres masses semblables ont été trouvées :



Sur la rive droite du Sénégal (Compagnon, Forster, Golberry);

Au cap de Bonne-Espérance (voir page 184) (Van-Marum et de Dankelmann);

Au Mexique, dans différents endroits (Sonneschmidt, de Humboldt);

Au Brésil, dans la province de Bahia (Wollaston et Mornay);

Dans la juridiction de Santiago del Estero, dans la confédération Argentine (Rubin de Celis);

A Elbogen, en Bohême (*Ann. de Gilbert*, tomes XLII et XLIV);

Près de Lénarto, en Hongrie (*Ann. de Gilbert*, t. XLIX);

Près de la rivière Rouge. La masse a été envoyée de la Nouvelle-Orléans à New-York. (*American Mineralogical Journal*, vol. I.) Le colonel Gibbs l'a analysée et y a trouvé du nickel. Il y a encore d'autres masses semblables dans le même pays, d'après *The Minerva* de New-York, 1824;

Aux environs de Bitbourg, non loin de Trèves, une masse qui pèse 1650 kil.; elle contient du nickel. L'analyse faite par le colonel Gibbs se trouve dans l'*American Mineralogical Journal*, vol. I;

Près de Brahim, en Pologne, des masses qui, d'après les analyses de Laugier, contiennent du nickel et un peu de cobalt;

Dans la république de Colombie, sur la cordillère orientale des Andes, dans le voisinage de la saline de Zipaquira (Boussingault et Mariano de Rivero, *Ann. de chimie et de physique*, tome XXV).

A quelque distance de la côte septentrionale de la baie de Baffin, dans un endroit nommé Sowallik, il y a deux masses du même genre, selon le capitaine Ross : l'une paraît être solide ; l'autre est pierreuse et mêlée de morceaux de fer, avec lesquels les indigènes fabriquent leurs armes.

Peut-être faut-il ranger dans cette classe une grande masse d'environ 15 mètres de haut, qui se trouve dans la partie orientale de l'Asie, non loin de la source de la rivière Jaune, et que les Mongols, qui l'appellent *khadasutfilao*, c'est-à-dire roche du pôle, disent être tombée à la suite d'un météore de feu. (Abel Rémusat.)

Il existe encore des masses d'une origine problématique. De ce nombre sont :

Une masse à Aix-la-Chapelle, qui contient de l'arsenic (*Ann. de Gilbert*, tome XLVIII) ;

Une masse trouvée dans le Milanais (*Ann. de Gilbert*, tome L) ;

Une masse trouvée à Groskamsdorf, contenant, d'après Klaproth, un peu de plomb et de cuivre. Il paraît qu'on l'a fondue, et que les morceaux conservés à Freiberg et à Dresde ne sont que de l'acier fondu qu'on a substitué aux fragments de la masse primitive.

Nous ajouterons que, d'après l'analyse faite par Brandes, le fer dont sont formés les couteaux et les harpons des Esquimaux, dans la baie de Baffin, contient 3 pour 100 de nickel, circonstance qui assigne à ce fer une origine météorique.



§ 6. — Chutes de poussières.

L'observation attentive des chutes de poussières fait présumer qu'elles ne diffèrent pas essentiellement des chutes d'aérolithes ordinaires. Quelquefois elles ont été accompagnées de chutes de pierres, comme aussi d'un météore de feu. Les poussières paraissent contenir à peu près les mêmes substances que les pierres météoriques. Il semble qu'il n'y a d'autre différence que dans la rapidité avec laquelle ces amas de matière chaotique dispersés dans l'univers, arrivent dans notre atmosphère. Probablement dans la poussière rouge et noire, l'oxyde de fer est la principale matière colorante. Dans la poussière noire, on trouve aussi du carbone. On doit regarder les pierres noires et très-friables tombées à Alais en 1806 (voir p. 196) comme formant en quelque sorte le passage de la poussière noire aux aérolithes ordinaires. Je dois dire cependant que l'on a recueilli de la neige rouge qui devait sa coloration à des causes tout à fait différentes. Ainsi, sir Charles Blagden rapporte que de la neige rouge, recueillie à la baie de Baffin, était colorée par de l'acide urique provenant sans doute des déjections des nuées d'oiseaux que l'on rencontre dans ces parages; la couche de neige rouge n'était pas, il est vrai, à la surface; au-dessus et au-dessous la neige était parfaitement blanche. Thomson pense que la coloration de la neige peut être due à une matière organique, à quelque cryptogame, par exemple.

Quoi qu'il en soit, voici le catalogue de toutes les

chutes de pareilles poussières que l'histoire a enregistrées jusqu'à ce jour. Le signe d'interrogation (?) indique encore ici les chutes douteuses.

L'an 472 de notre ère (suivant la chronologie de Cal visius, Playfair, etc.), le 5 ou le 6 novembre, grande chute de poussière noire (probablement aux environs de Constantinople) ; le ciel semblait brûler. Procope et Marcellin ont attribué cette chute au Vésuve.

652. A Constantinople, pluie de poussière rouge. (Théophane, Cedrenus, Matthieu Eretz.)

742. Pluie de poussière en Égypte. (Quatremère.)

743. Un météore et poussière dans différents lieux. (Théophane.)

..... Au milieu du IXᵉ siècle. Poussière rouge et matière semblable au sang coagulé. (Monachus, Kazwini, Elmazen.)

869. Pluie rouge pendant trois jours, aux environs de Brixen. (Hadrianus Barlandus.) Peut-être ce phénomène est-il celui qu'ont rapporté les auteurs précédents.

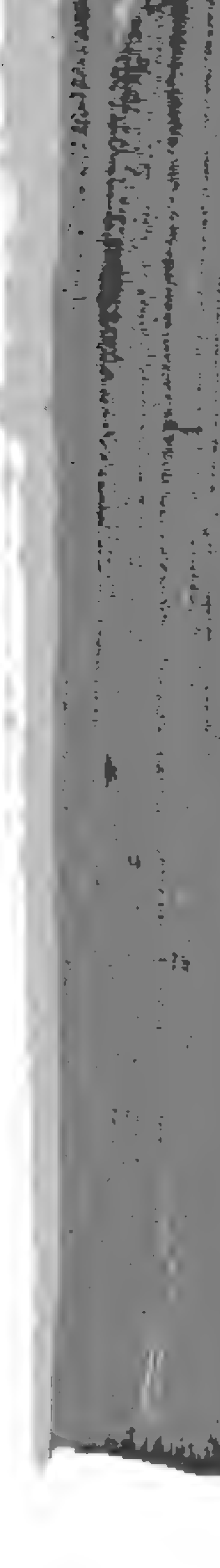
929. A Bagdad, rougeur du ciel et chute de sable rouge. (Quatremère.)

1056. En Arménie, neige rouge. (Matthieu Eretz.)

1110. En Arménie, dans la province de Vaspouragan, durant une nuit obscure de l'hiver, chute d'un corps enflammé dans le lac de Van. L'eau devint de couleur de sang, et la terre était fendue dans différents endroits. (Matthieu Eretz.)

1219 ou 1222. Pluie rouge aux environs de Viterbe. (*Biblioteca Italiana*, tome XIX.)

1416. Pluie rouge en Bohême. (Spangenberg.)



? Dans le même siècle, à Lucerne, chute d'une pierre (voir plus haut, p. 189) et d'une masse semblable à du sang coagulé, avec apparition d'un dragon igné ou météore de feu. (Cysat.)

1501. Pluie semblable à du sang dans différents lieux, suivant quelques chroniques.

1543. Pluie rouge, en Westphalie. (*Susi commentarii.*)

1548, 6 novembre. A Mansfeld, en Thuringe, chute d'un globe de feu avec beaucoup de bruit. On trouva ensuite sur le sol une substance rougeâtre semblable au sang coagulé. (Spangenberg.)

1557. En Poméranie, grandes plaques d'une substance semblable au sang coagulé. (Martin Zeiler.)

1560. Jour de la Pentecôte, pluie rouge à Emden et à Louvain, etc. (Fromond.)

1560, 24 décembre. A Lillebonne, en Normandie, météore de feu et pluie rouge. (Natalis Comes.)

? 1582, 5 juillet. A Rockhausen, non loin d'Erfurt, chute d'une grande quantité d'une substance fibreuse, semblable à des crins humains, à la suite d'une tempête horrible, analogue aux ouragans qu'amènent les tremblements de terre. (Michel Bapst.)

1586, 3 décembre. A Verde, en Hanovre, chute de beaucoup de matière rouge et noirâtre, avec éclairs et tonnerre (météore de feu et détonation). Cette matière brûlait les planches sur lesquelles elle tombait. (Manuscrit de Salomon, sénateur à Brême.)

1591. A Orléans, à la Madeleine, pluie d'une matière semblable à du sang. (Lemaire.)

1618, en août. Chute de pierres, météore de feu et pluie d'une matière semblable à du sang, en Styrie. (De Hammer.)

1623, 12 août. A Strasbourg, pluie rouge. (Élias Habrecht, dans un Mémoire imprimé à Strasbourg, en 1623.)

1637, 6 décembre. Chute de beaucoup de poussière noire dans le golfe de Volo et en Syrie. (*Philosophical Transactions*, tome I, page 377.)

1638. Pluie rouge à Tournay.

1640, 6 octobre. Pluie rouge à Bruxelles. (Kronland et Wendelinus.)

1643, en janvier. Pluie d'une matière semblable à du sang à Vachingen et à Weinsberg, suivant une chronique manuscrite de la ville de Heilbronn.

1645, 23 ou 24 janvier. Chute de poussières à Bois-le-Duc, dans les Pays-Bas.

1652, en mai. Masse visqueuse, à la suite d'un météore lumineux, entre Sienne et Rome. (*Miscellanea Acad. naturæ curiosorum* pour 1690.)

? 1665, 23 mars. Près de Laucha, non loin de Naumburg, en Saxe. Chute d'une abondante substance fibreuse, ressemblant à de la soie bleue. (Johannes Prætorius.)

1678, 19 mars. Neige rouge, près de Gênes. (*Philosophical Transactions*, 1678.)

1686, 31 janvier. Près de Rauden, en Courlande, et en même temps en Norvége et en Poméranie, chute d'une grande quantité d'une substance membraneuse, friable et noirâtre, semblable à du papier demi-brûlé. (*Miscell. Acad. nat. cur.*, 1688, append.) Le baron Théodore de Grothus a analysé une portion de cette sub-

stance, qui avait été conservée dans un cabinet d'histoire naturelle, et y a trouvé de la silice, du fer, de la chaux, du carbone, de la magnésie, des traces de chrome et de soufre, mais point de nickel.

1689. Poussière rouge à Venise, etc. (Vallisneri.)

1704, 4 janvier. Globe de feu sur la tour de l'église du Quesnoy, qui rejaillit sur la place environnante en pluie de feu.

1711, 5 et 6 mai. Pluie de poussière à Orsion, en Suède. (*Act. lit. Sueciæ*, 1731.)

1718, 24 mars. Matière gélatineuse trouvée à la suite de la chute d'un globe de feu dans l'île de Lethy, aux Indes. (Barchewitz.)

1719. Chute de sable dans la mer Atlantique (lat. sept. 45°, longit. 322° 45′), accompagnée d'un météore lumineux. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1719, part. hist., page 23.)

1721, vers le milieu de mars, à Stuttgard. Météore et pluie rouge en grande quantité, d'après une notice écrite le 21 mars par le conseiller Vischer.

1737, 21 mai. Chute de terre attirable à l'aimant, sur la mer Adriatique, entre Monopoli et Lissa. (Zanichelli, *Opuscoli di Calogera*, tome XVI.)

1744. Pluie rouge à Saint-Pierre d'Aréna, près de Gênes. (Richard.)

1755, 20 octobre. Sur l'île de Getland, l'une des Orcades, chute d'une poussière noire, qui n'était pas venue de l'Hécla. (*Philosophical Transactions*, vol. L.)

1755, 13 novembre. Rougeur du ciel et pluie rouge dans différents pays. (*Nova acta nat. cur.*, tome II.)

1763, 9 octobre. Pluie rouge à Clèves, à Utrecht, etc. (*Mercurio historico y politico de Madrid*, octobre 1764.)

1765, 14 novembre. Pluie rouge en Picardie. (Richard.)

1781. En Sicile, poussière blanche, qui n'était pas volcanique. (Gioeni, *Philos. Trans.*, tome LXXII.)

1792, 27, 28 et 29 août, sans interruption. Pluie d'une substance semblable à de la cendre, dans la ville de la Paz, en Bolivie. Ce phénomène ne pouvait pas être attribué à un volcan. On avait entendu des explosions et vu le ciel tout éclairé. La poussière occasionna de grands maux de tête et donna la fièvre à plusieurs personnes. (*Mercurio Peruano*, t. VI, 1792.)

1796, 8 mars. On a trouvé en Lusace, après la chute d'un globe de feu, une matière visqueuse ayant la consistance, la couleur et l'odeur d'un vernis brunâtre desséché. (*Ann. de Gilbert*, t. LV.)

1803, 5 et 6 mars, en Italie. Chute de poussière rouge, sèche dans quelques lieux et humide dans d'autres. (*Opuscoli scelti*, t. XXII.)

1811, en juillet, près de Heidelberg. Chute d'une substance gélatineuse, à la suite de l'explosion d'un météore lumineux. (*Ann. de Gilbert*, t. LXVI.)

1813, 13 et 14 mars, en Calabre, Toscane et Frioul. Grande chute de poussière rouge et de neige rouge, avec beaucoup de bruit. Il tomba en même temps des pierres à Cutro, en Calabre. (*Bibl. Brit.*, octobre 1813 et avril 1814.) Sementini a trouvé dans la poussière : silice, 33; alumine, 15 1/2; chaux, 11 1/4; fer, 14 1/2; chrome, 1; carbone, 9. La perte de l'analyse a été de 15 pour 100;

son auteur n'a sans doute pas cherché la magnésie et le nickel.

1814, 3 et 4 juillet. Grande chute de poussière noire, au Canada, avec une apparition de feu qui rend cet événement semblable à celui de 472, cité plus haut, page 209. (*Philos. Magaz.*, vol. XLIV.)

1814. Dans la nuit du 27 au 28 octobre, pluie rouge dans la vallée d'Oneglia, près de Gênes. (*Giornale di fisica*, t. I, p. 32.)

1814, 5 novembre. On a trouvé dans le Doab, aux Indes, que chaque pierre tombée, ainsi qu'il est rapporté plus haut dans le catalogue des aérolithes (voir page 198), était formée d'un petit amas de poussière. (*Philosophical Magazine.*)

1815, vers la fin de septembre, la mer, au sud des Indes, fut couverte de poussière sur une très-grande étendue, probablement à la suite d'une chute cosmique. (*Philosophical Magazine*, juillet 1816.)

1816, 15 avril. Neige rouge en différents lieux de l'Italie septentrionale. (*Giornale di fisica,* tome I, 1818, p. 473.)

1819, 13 août, à Amherst, en Massachusetts. Chute d'une masse gélatineuse et puante, à la suite d'un météore lumineux. (*Silliman's Journal*, II, 335.)

1819, 5 septembre, à Studein, en Moravie, dans la juridiction de Teltsch, entre onze heures et midi, le ciel étant serein et tranquille, pluie de petits morceaux de terre, provenant d'un petit nuage isolé et très-clair. (*Hesperus*, novembre 1819, et *Ann. de Gilbert*, tome LXVIII.)

1819, 5 novembre. Pluie rouge en Flandre et en Hollande. (*Ann. générales des sciences phys.*) On a trouvé dans cette pluie du cobalt et de l'acide chlorhydrique.

1819, en novembre, à Montréal et dans la partie septentrionale des États-Unis. Pluie et neige noire accompagnées d'un obscurcissement du ciel extraordinaire, de secousses analogues à celles ressenties pendant les tremblements de terre, de détonations semblables à des explosions d'artillerie et d'apparitions ignées, qu'on a prises pour des éclairs très forts. (*Ann. de chimie*, t. XV.) Quelques personnes ont attribué le phénomène à l'incendie d'une forêt; mais le bruit, les secousses et toutes les circonstances de cette apparition, montrent que c'était un véritable météore, comme ceux de 472, de 1637, de 1792 et de juillet 1814 (voir pages 209, 211, 213 et 214). Il paraît que les pierres noires et friables tombées à Alais, en 1806 (voir page 196), étaient à peu près la même substance dans un état de coagulation plus avancée.

1821, 3 mai, à 9 heures du matin, pluie rouge dans les environs de Giessen. M. le professeur Zimmermann, ayant analysé le sédiment brun rougeâtre laissé par cette pluie, y a trouvé du chrome, de l'oxyde de fer, de la silice, de la chaux, du carbone, une trace de magnésie et des parties volatiles, mais point de nickel.

1824, 13 août, à Mendoza, dans la république de Buenos-Aires. Poussière qui tombait d'un nuage noir. A une distance de 40 lieues, le même nuage se déchargea encore une fois. (*Gazette de Buenos-Aires*, 1er novembre 1824.)

? 1824, 17 décembre. Chute d'une matière brûlante à Neuhausen, en Bohême. (*Annales de Poggendorf*, t. VI.)

CHAPITRE III

SUR L'ORIGINE DES AÉROLITHES

Nous avons dit qu'on ne devait pas chercher la cause des pierres météoriques dans les phénomènes qui se produiraient dans l'atmosphère même dont notre Terre est entourée; qu'il était probable que ces pierres circulaient dans l'espace, et que notre planète venait à les rencontrer dans sa course annuelle autour du Soleil. Dès le XVII[e] siècle, des astronomes et des géomètres cherchèrent, en conséquence, si l'on ne pouvait pas les attribuer à quelque émission provenant de l'un des astres du système solaire, par exemple de la Lune. L'existence d'anciens volcans, sur le satellite de la Terre, est démontrée en effet, comme nous l'avons vu par l'étude des montagnes lunaires (liv. XXI, ch. XI, t. III, p. 411 et suiv.). On y trouve de vastes et profonds cratères, qui ont dû vomir une immense quantité de matériaux. Voyons s'il est possible d'admettre que les produits volcaniques, partant de la Lune, viennent tomber sur la Terre.

Un corps pesant qu'on soulève se précipite vers la surface de la Terre, ou plutôt vers son centre, avec d'autant moins de vitesse qu'il part de plus haut et en vertu d'une cause qu'on a appelée la pesanteur. Nul doute que le même phénomène ne doive se réaliser pour les corps lunaires qu'on élèverait au-dessus de la surface de notre

satellite. Nul doute que ces corps, en pareilles circonstances, ne doivent tomber vers la Lune.

Concevons maintenant une ligne droite qui joigne le centre de la Lune et le centre de la Terre. Il y a nécessairement une région intermédiaire entre ces deux globes où les corps qui s'y trouveraient placés seraient en équilibre également attirés par la Terre et par la Lune. En deçà de ce point, tout corps pesant tomberait vers la Terre ; au delà, la chute aurait lieu vers la Lune.

Il suffirait donc, pour qu'un corps provenant de la Lune tombât sur la Terre, qu'il fût projeté de la surface de notre satellite avec une vitesse assez grande pour dépasser la région où les corps resteraient en équilibre entre les deux tendances contraires, où ils ne seraient pas plus portés à tomber sur la Lune que sur la Terre.

La pesanteur à la surface de la Lune est environ six fois plus faible que sur la Terre ; en sorte que celui qui voudrait y sauter de bas en haut avec une force musculaire égale à celle que nous possédons, s'élèverait à une grande hauteur. Est-il possible d'animer un corps d'une assez grande vitesse d'impulsion pour que, lancé de la surface de la Lune, il ne vienne pas y retomber ?

La question, envisagée ainsi, a pu être soumise au calcul, et l'on a trouvé, vu le peu de volume et de masse de la Lune, et l'absence d'atmosphère autour de cet astre, qu'un corps lancé dans la direction de la Terre entrerait dans sa sphère d'attraction s'il était projeté de la Lune avec une vitesse égale à 2,500 mètres par seconde.

Cette vitesse n'est pas au-dessus des vitesses de projection dont les volcans terrestres nous offrent les effets.

Le Cotopaxi, par exemple, en Amérique, a lancé quelquefois des roches ardentes avec une force plus grande que celle dont le calcul précédent a assigné la valeur; une telle puissance n'est peut-être pas au-dessus des forces que l'industrie de l'homme peut créer dès aujourd'hui avec certaine poudre connue des chimistes sous le nom de poudre fulminante, en sorte qu'il est vrai de dire, quelque extraordinaire que l'assertion puisse paraître au premier abord, que des hommes situés sur la Lune pourraient se mettre en communication journalière avec la Terre à l'aide de projectiles.

Lorsque, au commencement de ce siècle, Olbers, Laplace, Poisson et M. Biot s'occupèrent des spéculations dont je viens de donner un aperçu, ils avaient en vue de vérifier, si, suivant l'opinion émise par Terzago, en 1660, il ne serait pas absurde de chercher dans la Lune l'origine des masses solides qui, dans tous les siècles, sont tombées de temps à autre sur la Terre.

On voit, par les résultats que je viens de rapporter, qu'il y avait tout lieu d'admettre la possibilité que les aérolithes fussent des portions de la Lune.

Certaines circonstances, signalées par l'analyse chimique, semblaient venir à l'appui de cette origine.

De ce nombre était l'absence de fer oxydé, ce qui semblait impliquer que ces corps, dans leur gîte naturel, n'étaient pas entourés d'une atmosphère renfermant de l'oxygène.

On insistait aussi, pour donner aux aérolithes une identité d'origine, sur leur identité de composition. Mais cet argument perdit beaucoup de sa valeur, lorsque Lau-

gier publia l'analyse de l'aérolithe tombé à Juvénas (1821, page 200).

Ce chimiste trouva, en effet, que cet aérolithe ne renfermait pas de traces de nickel, tandis que ce métal est une partie constituante très-appréciable des aérolithes tombés dans d'autres lieux.

Quelle ressemblance, d'ailleurs, aurait-on aujourd'hui le droit d'établir entre le fer météorique dont on a pu former des armes en le forgeant, et les pierres, car ce nom leur a été donné justement, qui dans leurs cassures semblent une simple agrégation de matières terreuses et de petites parcelles de métal disséminées çà et là? Les aérolithes, en effet, ont des compositions chimiques qui signalent une certaine variété d'origine. Voici comment s'exprime à cet égard M. le professeur Rammelsberg, dans le *Cosmos* de M. de Humboldt :

« On a coutume de diviser les pierres météoriques proprement dites en deux classes, d'après leur aspect extérieur. Les unes contiennent dans leur masse, en apparence homogène, des grains et des paillettes de fer météorique, attirables à l'aimant, et qui présentent absolument les mêmes caractères que les aérolithes de la même substance. A cette classe appartiennent les pierres de Blansko (1833, page 202), de Lissa (1808, page 196), de l'Aigle (1803, page 195), d'Ensisheim (1492, page 189), de Chantonnay (1812, page 197), de Kleinwenden, près de Nordhausen, d'Ersleben (1812, page 197), de Château-Renard (1841, page 202) et d'Utrecht (1843, page 203). La seconde classe est pure de tout alliage métallique et se présente plutôt sous l'aspect d'un mé-

lange cristallin de diverses substances minérales. Telles sont, par exemple, les pierres de Juvénas (1821, page 200), de Lontalar (1813, page 198) et de Stannern (1808, page 196).

« Après les premières analyses chimiques des pierres météoriques, faites par Howard, Klaproth et Vauquelin, on fut longtemps sans songer que ces corps pouvaient être formés par l'assemblage de combinaisons différentes. On se bornait à chercher en général les éléments qui les composaient, à extraire à l'aide d'un aimant le fer métallique qu'elles pouvaient contenir. Lorsque Mohs eut appelé l'attention sur l'analogie que présentaient quelques aérolithes avec certaines pierres telluriques, Nordenskjöld entreprit de prouver que l'aérolithe de Lontalar, en Finlande, était un composé d'olivine, de leucite et de fer magnétique; mais c'est à Gustave Rose que l'on doit d'avoir démontré par ses belles observations, que la pierre de Juvénas est formée de pyrite magnétique, d'augite et d'un feldspath très-semblable au labrador. Guidé par ces résultats, et appliquant, comme Gustave Rose, l'analyse chimique, Berzélius, dans un travail plus étendu, publié en 1834, rechercha la composition minérale de diverses combinaisons que présentent les aérolithes de Blansko, de Chantonnay et d'Alais. Depuis, beaucoup de savants ont suivi la route heureusement frayée par Berzélius.

« Dans la première classe des pierres météoriques proprement dites, qui est aussi la plus nombreuse, dans celle qui contient des parties de fer métallique, ce métal existe, tantôt en parcelles semées çà et là, tantôt en masses plus considérables, qui offrent quelquefois l'aspect

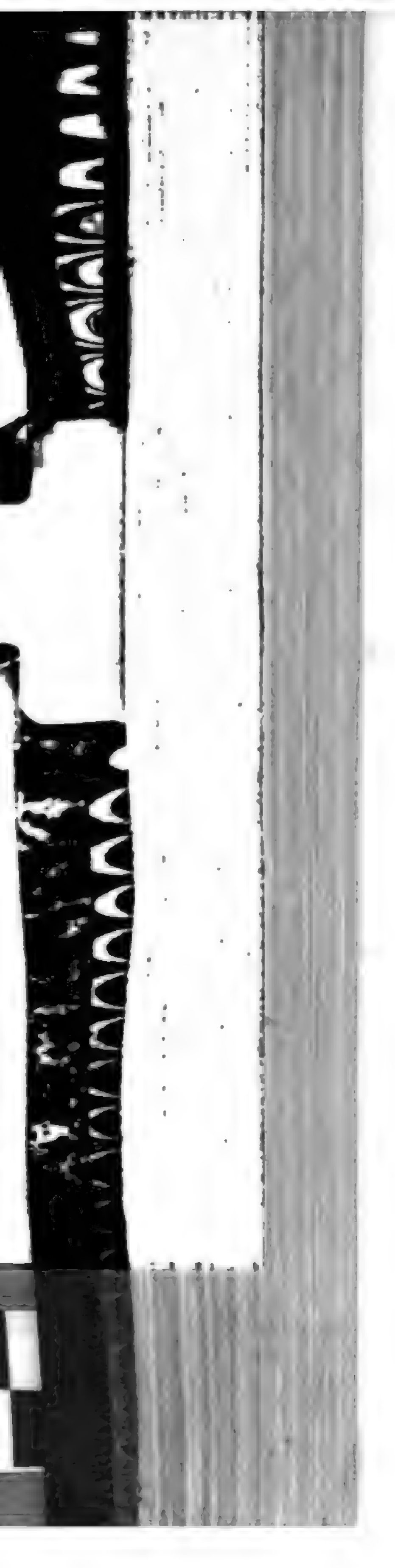
d'un squelette de fer, et forment une transition entre les aérolithes purs de tout mélange métallique et les masses de fer météorique dans lesquelles, ainsi qu'on le voit dans la masse de Pallas, les autres éléments disparaissent.

« La seconde classe, beaucoup moins nombreuse, a été aussi moins étudiée. Parmi les aérolithes qui la composent, les uns contiennent du fer magnétique, de l'olivine et un peu de substances feldspathiques et augitiques; les autres sont formés uniquement de ces deux derniers minéraux simples, et le feldspath y est représenté par l'anortite.

« Les pierres météoriques de la seconde classe sont, par l'effet de la présence de l'olivine, riches en magnésie; l'olivine est l'élément qui est décomposé lorsque ces pierres sont traitées par les acides.

« Comme l'olivine ordinaire, l'olivine météorique est un silicate de magnésie et de protoxyde de fer. La partie qui résiste à l'action des acides est un mélange de substances feldspathiques et augitiques dont on ne peut déterminer la nature qu'en calculant les éléments qui le composent, et qui sont : le labrador, l'hornblende, l'augite et l'oligoclase.

« Le chromate de fer, produit par la combinaison du protoxyde de fer et de l'acide chromique, se trouve, en petite quantité, dans presque toutes les pierres météoriques. L'acide phosphorique et l'acide titanique, découverts dans la pierre si remarquable de Juvénas, peuvent faire soupçonner la présence de l'apatite et de la titanite. »



Si l'on ne doit pas absolument nier que quelques-uns des aérolithes peuvent provenir des volcans lunaires, il faut cependant admettre que d'autres causes leur donnent aussi parfois naissance. N'y a-t-il pas, dans les espaces planétaires, une sorte d'anneau plus ou moins épais, formé par des corps animés d'un mouvement de circulation rapide autour du Soleil? Cet anneau couperait le plan de l'écliptique sur une certaine largeur, et lorsque la Terre arriverait vers ces régions, elle rencontrerait quelques-unes de ces masses errantes et les soumettrait à son attraction, les ferait tomber à sa surface, après les avoir fait pénétrer dans son atmosphère, où elles subiraient souvent une incandescence momentanée. Ne pourrait-on pas concevoir aussi un grand nombre de petits corps répandus dans l'espace et formant dans le système solaire comme une sorte de nébuleuse dont les divers éléments seraient en quelques points moins éloignés les uns des autres que dans d'autres régions?

Dans ces hypothèses, il devrait y avoir une certaine périodicité dans l'apparition des chutes d'aérolithes. En résumant dans un tableau les chutes certaines des aérolithes proprement dits et des poussières météoriques dont la date a été constatée, on trouve 206 phénomènes de ce genre pour lesquels on connaît le mois de l'événement, et ils se partagent de la manière suivante entre les douze mois de l'année :

Mois.	Chutes d'aérolithes.
Janvier	14
Février	10
Mars	22

Mois.	Chutes d'aérolithes.
Avril	15
Mai	20
Juin	18
Juillet	23
Août	16
Septembre	17
Octobre	18
Novembre	20
Décembre	13

On voit que les météores qui viennent rencontrer la surface de notre planète sont en moindre quantité de décembre à juin (seize par mois en moyenne), et plus fréquents, au contraire, de juillet à novembre (dix-neuf par mois en moyenne). Les mois de mars, de mai, de juillet, d'octobre et novembre présentent d'ailleurs des maxima. La Terre, en circulant dans son orbite autour du Soleil, rencontrerait donc plus d'aérolithes en allant de l'aphélie au périhélie, ou du solstice d'été au solstice d'hiver; elle en trouverait sur sa route un moins grand nombre en marchant du périhélie à l'aphélie, ou du solstice d'hiver vers le solstice d'été.

On doit cependant remarquer que les chutes d'aérolithes, constatées dans les pays dont la civilisation est assez avancée pour avoir des annales historiques, ne peuvent être qu'une fraction du nombre total des phénomènes de ce genre dont l'existence serait authentiquement prouvée si l'on avait de constants observateurs sur toute la surface des mers et dans toutes les parties de la terre ferme. Quoi qu'il en soit, en parcourant les catalogues on est porté à admettre non-seulement une certaine périodicité des phénomènes selon que la Terre

occupe telle ou telle position sur l'écliptique, mais encore entre de certaines années où l'on voit les chutes d'aérolithes se presser en quelque sorte après qu'il s'est écoulé de longs intervalles pendant lesquels elles ont été assez rares.

CHAPITRE IV

ACCIDENTS CAUSÉS PAR DES AÉROLITHES

La rareté des chutes d'aérolithes n'est pas assez grande pour que ces phénomènes n'aient pas causé des accidents rapportés par les chroniques.

On lit dans le catalogue des étoiles filantes et des autres météores observés en Chine, catalogue rédigé par M. Édouard Biot, qu'une pierre tombée en Chine, le 14 janvier 616 de notre ère, fracassa des chariots et tua dix hommes.

Le capitaine suédois Olaus-Ericson Willmann, entré comme volontaire au service de la compagnie hollandaise des Indes Orientales, rapporte, dans un recueil imprimé en 1674, qu'étant en mer, une boule qui pesait 4 kilogrammes tua deux hommes en tombant sur le pont de son navire qui voguait à pleines voiles. (Voir le catalogue des aérolithes, page 191.)

Vers le même temps une petite pierre, tombée à Milan, a tué un franciscain.

Le chimiste Laugier a laissé un échantillon de pierre météorique accompagné d'une note portant en substance que cet aérolithe était tombé avec explosion près de Roquefort, en Amérique; qu'il avait écrasé une chau-

mière, tué le métayer et du bétail, et fait en terre un trou de près de 2 mètres de profondeur.

On attribue aussi à des pierres météoriques l'incendie de plusieurs habitations. Ces faits se lient à l'hypothèse que beaucoup de pierres météoriques s'enflamment en traversant notre atmosphère pour arriver à la surface de la Terre. Il est très-vrai que certaines chutes d'aérolithes ont été précédées de l'apparition de globes de feu ou *bolides* qui ont disparu tout à coup en faisant entendre de violentes détonations et se brisant en un très-grand nombre de fragments retrouvés épars sur de grandes étendues de terrain. Parmi les phénomènes de ce genre, un des plus importants est celui de la chute de pierres qui eut lieu le 26 avril 1803 (voir catalogue, page 195), aux environs de l'Aigle. Un globe enflammé, d'un éclat très-brillant, a été aperçu, vers une heure après midi, de Caen, de Pont-Audemer et des environs d'Alençon, de Falaise et de Verneuil. Quelques instants après on entendit à l'Aigle et trente lieues à la ronde une violente explosion, et des pierres furent lancées, selon la détermination de M. Biot, sur une surface elliptique d'environ deux lieues et demie de long et d'à peu près une lieue de large. Le grand axe de cette ellipse était dirigé du sud-est au nord-ouest. La plus grosse de toutes les pierres qu'on a trouvées pesait 8 kilogrammes et demi. Aucune de ces pierres ne parut incandescente au moment où l'on put les ramasser, et elles répandaient une vive odeur de soufre.

Les aérolithes qui tombèrent à Braunau le 14 juillet 1847 (voir page 203), étaient encore tellement chauds



six heures après leur chute, que l'on ne pouvait les toucher sans se brûler.

Les faits précédents ne laissent aucun doute sur la possibilité d'incendies causés par les chutes de pierres météoriques, lors même que ces pierres n'ont pas toujours été retrouvées après l'événement.

Voici les principaux faits de ce genre qui ont été recueillis :

L'an 944 de notre ère, des globes de feu, selon la chronique de Frodoard, parcoururent les airs et incendièrent des maisons.

Le 7 mars 1618, l'incendie qui consuma la grande salle du Palais-de-Justice de Paris fut causé, dit-on, par un météore enflammé, « large d'un pied et haut d'une coudée, » qui tomba après minuit sur ce monument.

L'aérolithe tombé à Captieux, près de Bazas, le 13 juin 1759, incendia, dit-on, une écurie (voir le catalogue, page 193).

D'après les *Mémoires de l'Académie de Dijon,* du 11 au 12 novembre 1761, une maison de Chamblan, à une demi-lieue de Seurre, en Bourgogne, fut incendiée par suite de la chute d'un météore.

Le 13 novembre 1835, un brillant météore apparut vers neuf heures du soir, par un ciel serein, dans l'arrondissement de Belley (Ain). Sa course semblait dirigée du sud-ouest au nord-est. Il éclata près du château de Lauzières et incendia une grange couverte en chaume, les remises, les écuries, les récoltes, les bestiaux. Tout fut brûlé en quelques minutes. Un aérolithe a été retrouvé sur le théâtre de l'événement (voir le catalogue, p. 202).

On présume que l'incendie de la ferme de Tamerville, près de Valognes, qui eut lieu dans la nuit du 3 au 4 août 1840, est dû à un météore igné que plusieurs personnes, placées sur des points différents, ont vu traverser les airs du nord au sud, dans la direction de la ferme qui a été brûlée.

Le 25 février 1841, un bolide venant du nord-est tomba sur le toit d'un pressoir situé au hameau nommé les Bois-aux-Roux, commune de Chanteloup, arrondissement de Coutances (Manche), et y alluma un incendie qui se communiqua à deux maisons contiguës.

On attribue à la chute de météores ignés des incendies qui eurent lieu aux environs de Montierender (Haute-Marne), du 9 au 18 novembre 1843.

Le 16 janvier 1846, un bolide, dirigé du nord au sud, et laissant derrière lui une trace lumineuse, incendia un bâtiment à la Chaux, arrondissement de Châlon-sur-Saône (Saône-et-Loire).

Le 22 mars de la même année, à trois heures du soir, une gerbe lumineuse, qui a sillonné l'espace avec une grande vitesse et un bruit assez intense, est tombée sur une grange de la commune de Saint-Paul, arrondissement de Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne); en un instant tout est devenu la proie des flammes; les bestiaux renfermés dans les étables ont été entièrement consumés.

Si tous ces accidents ne sont pas dus à des chutes d'aérolithes ou de bolides, si quelques-uns proviennent des étoiles filantes, on doit s'étonner de leur peu de fréquence lorsque l'on considère la grande abondance de ces derniers météores.



Le poids des aérolithes est souvent très-considérable, et il explique parfaitement la possibilité d'accidents très-graves. Nous citerons particulièrement l'aérolithe de

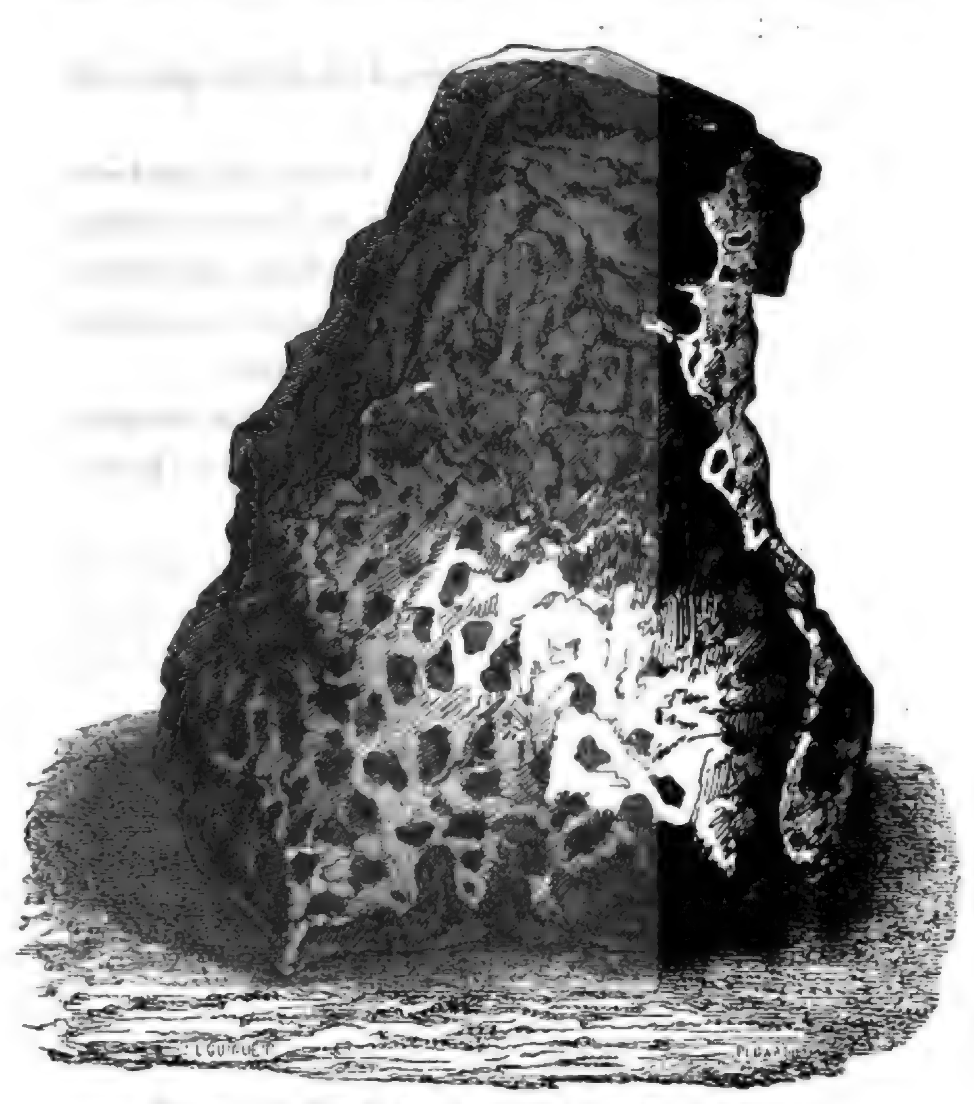


Fig. 326. — Aérolithe de Santa-Rosa, réduit au dixième de sa hauteur.

Vouillé (1831, page 202) pesant 20 kilogrammes; celui de Chantonnay (1812, page 197) pesant 34 kilogrammes; celui de Juvénas (1821, page 200) pesant

92 kilogrammes; celui d'Ensisheim (1492, page 189) pesant 138 kilogrammes. L'aréolithe tombé en 1810 à Santa-Rosa, dans la Nouvelle-Grenade (voir plus haut, p. 196), sur le chemin de Pamplona à Bogota, et dont on doit la description à MM. Boussingault et Mariano de Rivero, pèse 750 kilogrammes; son volume est à peu près le dixième d'un mètre cube. Aux environs du lieu où cette masse est tombée, les deux savants voyageurs ont trouvé plusieurs fragments météoriques ayant une composition analogue à celle de la masse principale, savoir 92 de fer et 8 de nickel. Cette grande masse, dont nous devons le dessin (fig. 326) à l'obligeance de M. Boussingault, avait une forme irrégulière et caverneuse, sans aucun enduit vitreux. Lorsqu'on la découvrit, elle était presque complétement enterrée; une pointe de quelques centimètres de hauteur seulement paraissait à la surface du sol.

CHAPITRE V

DES BOLIDES

Les globes de feu ou bolides apparaissent subitement et disparaissent tout à coup après avoir répandu une brillante lumière pendant quelques secondes. Leur forme est circulaire et ils présentent un diamètre apparent sensible. Ils illuminent l'horizon d'une lumière un peu plus faible, en général, que celle de la Lune. Souvent ils laissent derrière eux une sorte de traînée visible pendant un temps plus ou moins long. Quelquefois ils éclatent en

fragments qui continuent leur course et s'éteignent bientôt. Ainsi que nous l'avons dit dans le chapitre précédent, certains fragments forment des aérolithes que l'on retrouve à la surface de la Terre.

Les apparitions de bolides connues jusqu'à ce jour sont résumées dans le catalogue suivant, où le signe d'interrogation (?) indique, comme précédemment, les apparitions douteuses; les observations dont les sources ne sont pas citées sont extraites des catalogues de Chladni et de M. Hoff, confondus par M. Kæmtz (*Lehrbuch der Meteorologie*, t. III) en une seule liste avec les aérolithes, les chutes météoriques diverses, et les météores lumineux de nature problématique.

L'an 91 avant notre ère. Un globe de feu qui effaça l'éclat du Soleil.

74, 7 avril. Bolide en Chine. (Édouard Biot, *Catalogue général des étoiles filantes et autres météores observés en Chine, Mémoires des savants étrangers*, t. X.)

21. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

34 de notre ère, 4 avril. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

35, 25 janvier. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

57, 14 novembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

58, 22 mai. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

64. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

90, 22 juin. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

99, 25 juin. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

103, 6 janvier. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

138, 27 mars. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

263. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

303, 5 décembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

304, 15 septembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

305. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

307, 26 septembre. Bolide en Chine, de la grandeur apparente du Soleil, suivi d'une traînée lumineuse, se dirigeant du sud-ouest au nord-est et ayant disparu avec une explosion. (Éd. Biot.)

310. Un bolide en Chine qui accompagna une chute de pierres (voir p. 186)

310, 23 octobre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

322, 10 septembre. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Ed. Biot.)

333. Bolide en Chine, suivi d'une explosion, et dont la chute a donné naissance à un aérolithe (voir plus haut, p. 186). (Éd. Biot.)

337, 30 juillet. Gros bolide en Chine. (Éd. Biot.)

340, 15 mars. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

352, 21 juillet. Gros bolide en Chine. (Éd. Biot.)

354, 14 mai. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

369, 10 décembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)



381, 20 novembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

388. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

389, 4 avril. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse et d'une explosion. (Éd. Biot.)

394. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

433. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

452, 6 juillet. Gros bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

455, 22 octobre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

? 545. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

? 549. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

? 552. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

? 554. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

565, 31 mars. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

568, 18 mars. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

578, 8 janvier. Bolide en Chine de la grosseur apparente du disque de la Lune. (Éd. Biot.)

578, 21 juillet. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

578, 12 août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

579, 15 mai. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

579, 23 juin. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

579, 30 août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

580, septembre. On voit un globe de feu parcourir le ciel. (Dom Bouquet, *Recueil des historiens des Gaules*, tome II.)

581, 3 janvier. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

583, 31 janvier. Un globe de feu se détache du ciel et parcourt un grand espace. (Grégoire de Tours, dom Bouquet, tome II.)

? L'an 584, en décembre. Un globe de feu parcourt le ciel dans le milieu de la nuit et répand une vive clarté au loin. Des lueurs très-vives s'attaquent, se séparent et s'éteignent. Le ciel est tellement éclairé, qu'on croit voir naître l'aurore. (Grégoire de Tours, Aimoin, *Chroniques de Saint-Denis*, dom Bouquet.)

585, 28 octobre. Un globe de feu étincelant et produisant un grand bruit tombe sur terre. (Grégoire de Tours, dom Bouquet.)

587, janvier. On vit en l'air, à Paris, une grande masse de feu étincelante. (Sauval.)

? 590, en mars. Des globes de feu parcourent le ciel plusieurs fois pendant la nuit. (Grégoire de Tours, dom Bouquet.)

? 600. Des globes de feu parcourent la partie occidentale du ciel, comme une multitude d'astres, comme une multitude de lances enflammées. Une lumière très-vive a régné toute la nuit. (Les chroniqueurs, dom Bouquet, tomes II et III.)

616, 14 janvier. Gros bolide en Chine dont la chute a causé l'accident rapporté plus haut, p. 224. (Éd. Biot.)

616, 28 mai. Bolide en Chine, qui a donné naissance à une chute d'aérolithes (voir plus haut, p. 186). (Éd. Biot.)

616, 14 octobre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

616, 15 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

617, 11 juin. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

620, 29 novembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

? 629. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

? 640. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

642, 22 juillet. Bolide en Chine, de la grandeur apparente du disque de la Lune. (Éd. Biot.)

644. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

? 653. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

666, 15 février. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

670. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

707, 24 avril. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

708, 16 mars. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

? 713. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

744, 4 avril. Bolide en Chine, de la grosseur apparente du disque de la Lune, et suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

757, 19 mai. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

757, 3 décembre. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

767, 15 octobre. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

768, 19 octobre. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

771, 2 novembre. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

773, 18 juillet. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse.

774, 18 janvier. Même observation. (Éd. Biot.)

775, 9 avril. Même observation. (Éd. Biot.)

798, 20 juin. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

809, 16 septembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

811, 30 mars. Gros bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

813 ou 814. Un gros et éclatant bolide. (Kæmtz, *Meteorologie*, tome III, page 265.)

817, 26 octobre. Bolide en Chine, accompagné d'une traînée lumineuse et suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

822, 26 novembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

823, 23 septembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

837, 8 novembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

? 837, 18 décembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

839, 3 octobre. Bolide en Chine, accompagné d'une traînée lumineuse et suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

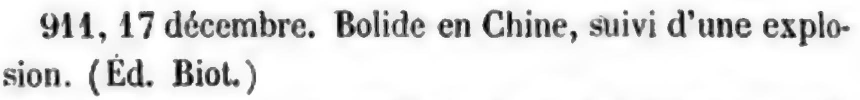
841, 22 décembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

877. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

? 898. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

900, 20 avril. Grand bolide en Chine. (Éd. Biot.)

903. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)



911, 17 décembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

925, 7 octobre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

934, 14 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

944. « Des globes de feu parcourent les airs; quelques-uns ont incendié des maisons. » (Voir plus haut, page 226), *Frodoardi Chron.*, dom Bouquet, tome VIII.)

952. Une pierre tout en feu, telle qu'une masse de fer incandescent, parcourt le ciel en partant de l'occident. On voit un serpent. (*Annales wirziburgenses.*)

954, 20 février. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

960, 19 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

960, 20 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

960, 23 décembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

962, 13 juin. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

964, 3 avril. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

966, 12 juin. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

966, 14 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

968, 3 août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

969, 20 juillet. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

971, 20 septembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

972, 28 septembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

974, 14 octobre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

975. On voit un globe de feu tomber sur la Terre. (*Annales Corbienses*, Pertz, t. III.)

978, 5 novembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

987, 17 juillet. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

988, 13 mai. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

988, 12 juillet. Bolide en Chine, de la grandeur apparente de la moitié du disque de la Lune. (Éd. Biot.)

989, 8 mai. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

990, 30 novembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

996, 21 mai. Bolide en Chine, avec une traînée lumineuse et produisant une explosion. (Éd. Biot.)

1002, 12 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1004, 25 janvier. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1004, 12 décembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1005, 5 juin. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1005, 11 décembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1006, 16 août. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1009, 1er avril. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1010, 14 mai. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1010, 7 août. Bolide en Chine, suivi d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

1010, 11 septembre. Même observation. (Éd. Biot.)

1010, 14 octobre. Même observation. (Éd. Biot.)

1011, 23 juillet. Même observation. (Éd. Biot.)

1011, 2 août. Même observation. (Éd. Biot.)

1011, 16 novembre. Même observation. (Éd. Biot.)

1012, 11 septembre. Même observation. (Éd. Biot.)

1018, 9 novembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1028, 16 mai. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1040, 17 décembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1046, 14 juillet. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1060, 5 février. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1061, 18 décembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1064, 7 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1064, 13 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1068, 25 juillet. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1070, 11 avril. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1073, 6 décembre. Bolide en Chine, accompagné d'une traînée lumineuse. (Éd. Biot.)

1074, 13 août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1078, 13 juillet. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1095, 4 avril. Un bolide en France.

1108. Un bolide en Chine.

1109. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1143. On rapporte qu'en cette année des signes apparurent dans le ciel, des globes de feu brillèrent en plusieurs lieux et disparurent ensuite dans une autre partie du ciel. (Lycosthène.)

1198, 2 août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1221, 1er janvier. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1228, 10 juillet. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1230, 25 décembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1231, 18 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1241, 1er août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1243, 27 août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1260, 25 novembre. Bolide en Chine, accompagné d'une traînée lumineuse et suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1278. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.

1325, 22 mai. Un gros bolide à Florence.

1328, 28 juin. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1344. « Un météore (*chasma*) ou un globe de feu tombe du ciel. » (Lycosthène.)

1352, 22 octobre. Un gros bolide avec explosion en Italie.

1356, 3 décembre. Bolide en Chine, se dirigeant du nord-ouest au sud-est, et suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1358, 8 décembre. Bolide en Chine, qui produisit un aérolithe (voir plus haut, p. 189).

1359, 17 février. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1404, 6 janvier. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1424, 21 juin. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1427, 12 janvier. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1449, 16 décembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1451, 10 septembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1465, 22 septembre. Les troupes du duc de Bourgogne tenaient la ville bloquée lorsque, pendant la nuit, parut un météore qui épouvanta les assiégés, d'autant plus qu'on le vit comme sortir du camp ennemi. Il vint tomber dans les fossés près des remparts de la porte Saint-Antoine, à Paris. (Sauval.)

? 1476, 11 décembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1484, 3 juin. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1491, 15 novembre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1495, 12 mai. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1496, 23 avril. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1497, 11 février. Gros bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1498, 17 février. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1501, 18 août. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1503, 9 mars. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1507, 4 octobre. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1510, 9 mai. Bolide en Chine de la grosseur apparente du disque de la Lune, se dirigeant du sud-est au nord-ouest, et suivi de deux traînées lumineuses. (Éd. Biot.)

1511, 17 septembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1520, 15 mai. Bolide en Chine de la grosseur appa-

rente du disque du Soleil, et suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1566, 17 juillet. Bolide à Paris.

1577, 11 octobre. Bolide en Suisse.

1584, 19 février. Bolide à Zurich.

1585, 28 juillet. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1587, 4 juillet. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1589, 16 février. Bolide en Chine de la grosseur du disque de la Lune, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1603, 10 septembre. Bolide en Suisse, se dirigeant du nord au sud.

1610, 11 mars. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1613, 21 janvier. Bolide en Chine. (Éd. Biot.)

1615, 19 mai. Bolide en Chine, suivi d'une explosion. (Éd. Biot.)

1618, 12 novembre. Bolide en Chine, suivi d'une explosion, et dont la chute produisit un aérolithe (voir plus haut, p. 191). (Éd. Biot.)

1623, 10 mars. Bolide à Zurich.

1623, 17 novembre. Bolide en Allemagne, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1637, 3 octobre. Gros bolide en France.

1637, 27 novembre. Bolide dans le sud-est de la France, qui a produit l'aérolithe du mont Vaisien (voir plus haut, p. 191).

1641, 25 septembre. Gros bolide en Lusace.

1642, au commencement de décembre. Un bolide en Hongrie.

1643, 6 février. On vit un bolide à Glaris, en Suisse, et l'on entendit deux explosions.

1647, 18 février. Un bolide à Zwickau, en Saxe, accompagné de la chute d'un aérolithe (voir plus haut, page 191).

1648, 8 janvier. Bolide dans les États de Naples.

1648, 10 janvier. Gros bolide près de Glückstadt, dans le Holstein.

1649, 1er septembre. Bolide à Hambourg.

1651, 7 janvier. Un bolide en Suisse, accompagné d'un bruit continu semblable à une canonnade.

1660, 23 février. Bolide à Wittenberg.

1661, 20 janvier. Bolide en Suisse.

1662, 26 avril. Bolide à Kœnigsberg, en Prusse.

1663, 13 mars. Bolide près de Malmöe, en Norvége, qui éclate avec fracas.

1664, 8 avril. Bolide en Saxe.

1668, 19 ou 21 juin. Bolide dans le nord de l'Italie, se dirigeant de l'ouest à l'est, et coïncidant avec la chute de pierres constatée à Vérone (voir page 192).

1676, en janvier ou février. Explosion d'un bolide avec grand bruit en Suisse.

1676, 31 mars. Bolide en Italie et en Allemagne.

1676, 20 septembre. Bolide en Angleterre.

1680, 22 mai. Bolide dans le nord de l'Allemagne.

1680, 17 décembre. Bolide en Courlande, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1682, en décembre. Bolide en Saxe.

1683, 12 août. Bolide à Leipzig.

1684, 19 mai. Bolide près d'Annaberg, en Saxe.

1684, 13 novembre. Entre Joachimsthal et Gottesgabe, énorme bolide avec une longue traînée.

1684, 17 novembre. Bolide en Bretagne.

1686, 19 juillet. Bolide à Leipzig.

1687, 22 mai. Bolide à Paris.

1688, 17 avril. Bolide avec une longue traînée ondoyante à Heilbronn.

1692, 9 avril. A Temeswar, en Hongrie, un météore de feu avec bruit effroyable.

1700, 7 janvier. Un grand bolide en Normandie, se dirigeant de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est.

1704, 4 janvier. Bolide au Quesnoy (voir plus haut, page 212).

1704, 25 décembre. Grand bolide en Espagne, dont l'explosion donne les pierres tombées à Barcelone (voir page 192).

1708, 31 juillet. Bolide en Angleterre.

1709, 4 mars. Bolide à Lima, au Pérou.

1710, 17 mai. Bolide en Angleterre.

1711, 11 mars. Bolide en Suisse.

1717, 10 août. Bolide aperçu en Silésie, Pologne, Prusse, Hongrie, Lusace.

1718, 19 mars. Apparition d'un météore presque aussi brillant que le Soleil. Les étoiles s'effacèrent complétement. On ne voyait presque plus la Lune quoique alors son âge fût de neuf jours. La disparition du météore fut suivie d'une forte détonation. La hauteur verticale du phénomène pendant toute l'apparition était de 119 lieues.

Il aurait pu être aperçu à 240 lieues de distance. Son diamètre était de 2,560 mètres. Il se mouvait avec une vitesse de 2,700 mètres par seconde. (Halley, *Transactions philosophiques*, 1718.)

1718, 24 mars. Un bolide dans l'île de Lethy, aux Indes, suivi de la chute d'une masse gélatineuse (voir plus haut, page 212).

1719, 22 février. Bolide vu dans le nord de l'Italie, se dirigeant de l'est à l'ouest, et suivi d'une explosion.

1719, 19 mars. Un bolide très-brillant en Angleterre qui fit entendre deux explosions.

1719, 30 mars. Grand bolide dans les Pays-Bas.

1721, 26 janvier. Bolide en Suisse.

1722, 1er février. Bolide se dirigeant du sud-ouest au nord-est, aperçu en Suisse et en Alsace.

1723, 6 janvier. Bolide en Portugal.

1723, 22 août. Bolide en Pologne et en Silésie.

1725, 22 octobre. Bolide dans le Maryland.

1726, 4 février. Bolide à Ratisbonne.

1728, 29 mars. Bolide en Lusace.

1728, 30 mai. Bolide à Campo-Maior, en Portugal.

1728, 4 décembre. Bolide à Nürnberg.

1729, 19 avril. Bolide à Genève, dont l'apparition dura de sept à huit minutes.

1729, 2 juin. Bolide en Suisse.

1729, 23 août. Bolide à Paris.

1729, 1er octobre. Bolide en Suède.

1729, 25 novembre. Grand bolide en Toscane.

1730, 13 avril. Bolide à Mons, en Belgique.

1730, 17 juillet. Bolide à Neistze, en Silésie.

1730, 20 août. Bolide en Lusace, se dirigeant du sud-ouest à l'est.

1731, 3 mars. Bolide à Upsal, en Suède.

1731, 12 mars. Bolide à Halstead, comté d'Essex, en Angleterre, d'où, après une explosion, il tomba une grosse pierre (voir page 193).

1733, en août. Bolide se dirigeant de l'ouest à l'est, en Angleterre.

1734, 13 mars. Bolide suivi d'une traînée lumineuse à Londres.

1734, 9 décembre. Bolide suivi d'une explosion à Ratisbonne.

1736, 1er octobre. Grand bolide en Angleterre.

1737, 5 décembre. Bolide en Angleterre.

1738, 13 juillet. Bolide à Paris.

1738, 28 ou 29 août. Bolide en Angleterre, suivi d'une explosion.

1739, 3 juin. Bolide à Cambridge, dans l'Amérique du nord, se dirigeant du sud au nord, et suivi d'une explosion entendue, dit-on, dans des localités distantes de plus de 30 lieues.

1739, 2 décembre. Bolide en Angleterre, se dirigeant du nord au sud.

1740, dans la nuit du 23 au 24 février. Bolide à Toulon, suivi d'une forte explosion.

1741, 11 décembre. Bolide en Angleterre, suivi d'une forte explosion.

1742, 2 novembre. Bolide dans l'Amérique du nord, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1742, 16 décembre. Bolide à Londres.

1744, 7 mai. Bolide à Oxford.

1744, 27 mai. Bolide à Londres, suivi d'une longue traînée lumineuse.

1745, 13 octobre. Bolide à Bologne.

1749, 4 novembre. Bolide sur la mer Atlantique.

1750, 9 février. Bolide en Silésie, se dirigeant du sud-ouest au nord-est et s'étant partagé en quatre parties après une explosion.

1750, 12 avril. Bolide à Hambourg, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1750, 7 juin. Bolide à Norwich, en Angleterre.

1750, 22 juillet. Bolide en Angleterre, se dirigeant du nord au sud.

1751, 26 mai. Bolide à Agram, à Hanovre, et à Neustadt, qui a coïncidé avec la chute de pierres de Hradschina (voir p. 193).

1752, 19 juin. Bolide à Nîmes, se dirigeant du nord au sud.

1752, 25 décembre. Bolide à Glasgow, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1753, 4 novembre. Bolide en France qui disparut avec détonation.

1754, 26 février. Bolide en Angleterre.

1754, 15 août. Bolide en Angleterre et en Hollande.

1755, 27 novembre. Grand bolide en Suède, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1756, 15 janvier. Bolide à Milverton, dans le Somersetshire, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1756, 21 janvier. Bolide en Angleterre.

1756, 26 janvier. Bolide en Angleterre.

1756, 28 février. Bolide à Cologne.

1756, 3 mars. Bolide en France.

1756, 29 avril. Grand bolide à Nevington, en Angleterre.

1757, 18 février. Bolide à Rouen, suivi d'une traînée.

1757, 26 février. Bolide en Irlande, se dirigeant de l'ouest à l'est, et suivi d'une traînée lumineuse.

1758, 26 novembre. Bolide en Angleterre et en Écosse, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1758, 22 décembre. Bolide à Colchester.

1759, 4 mai. Bolide à Neufundland.

1759, 20 octobre. Bolide à Whitby, en Angleterre, se dirigeant du nord au sud.

1760, 10 mai. Bolide dans l'Amérique du nord, se dirigeant du nord-ouest au sud-est et ayant disparu après trois détonations, dont le bruit a été entendu dans des localités distantes de plus de 30 lieues.

1761, 26 janvier. Bolide dans les environs de Copenhague, se dirigeant du sud au nord.

1761, 3 novembre. Bolide à Withby, en Angleterre, se dirigeant du nord-est au sud-ouest et suivi d'une longue traînée.

1761, 12 novembre. Bolide en Angleterre, se dirigeant du nord-ouest au sud-est, et suivi d'une forte détonation.

1762, 30 avril. Grand météore lumineux en Suède, suivi d'une forte explosion.

1762, 24 juillet. Bolide en Saxe et dans le Brandenburg, se dirigeant du sud-sud-ouest au nord-nord-est

et ayant disparu avec une forte détonation entendue de localités distantes de plus de 40 lieues.

1762, 5 décembre. Bolide en Angleterre, suivi d'une longue traînée lumineuse.

1763, 13 janvier. Bolide vu de plusieurs points de la Suède, se dirigeant du nord au sud-ouest et suivi de fortes explosions.

1763, 15 janvier. Bolide à Reading, en Angleterre, suivi d'une longue traînée.

1763, 29 avril. Bolide à Paris.

1765, 11 octobre. Bolide dans le comté de Sussex, se dirigeant du nord-est au sud-ouest, et ayant disparu avec une forte détonation.

1766, 26 octobre. Bolide en Angleterre, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1771, 17 juillet. Grand bolide en France et en Angleterre.

1771, 9 novembre. Bolide en Souabe.

1772, 10 février. Bolide en Angleterre, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1773, 29 juillet. Bolide en France, suivi d'une traînée.

1773, 8 août. Bolide en Angleterre, se dirigeant de l'ouest à l'est et suivi d'une forte explosion.

1776, 12 mai. Bolide à Mexico.

1776, 11 juillet. Bolide à Oxford, suivi d'une forte explosion.

1778, en février. Bolide à Berlin.

1778, 26 août. Bolide à Sondrio, en Italie, suivi d'une explosion.

1779, 8 mars. Bolide en France dans le département de l'Ain, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1779, 5 août. Bolide à Péking, se dirigeant du nord-ouest au sud-est, suivi d'une forte détonation.

1779, 31 octobre. Bolide en Virginie.

1780, 11 avril. Bolide en Angleterre, se dirigeant du nord-est au sud-est, suivi d'une forte explosion et d'une chute de pierres à Beeston (voir plus haut, p. 194).

1782. Dans une belle nuit d'été on vit dans le nord de l'Italie un bolide se dirigeant du nord-est au sud-ouest, qui fit une violente explosion, et dont des pierres tombèrent près de Turin (voir plus haut, p. 194).

1783, 18 août. Bolide en Angleterre, en Écosse, en France et dans les États-Romains.

1783, 4 octobre. Bolide en Angleterre.

1784, 30 juillet. A huit heures du soir, à Prague, un globe de feu, de la grosseur environ de la huitième partie de la Lune, traversa les airs dans la direction de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest. (*Éphémérides de la Société palatine.*)

1784, 11 septembre. Un globe de feu dans le nord de l'Italie, se dirigeant du sud-sud-est au nord-nord-ouest.

1785, 10 janvier. Bolide à Valence.

1785, dans la nuit du 31 mai au 1er juin. Bolide entre Florence et Bologne.

1786, 10 avril. Bolide à Moura, en Portugal, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1786, novembre. On vit, pendant deux nuits, des bolides qui firent explosion près de Valladolid, dans la Nouvelle-Espagne.

1787, vers la fin d'août. Bolide à Portsmouth, dans le New-Hampshire (Amérique du nord).

1787, 1er septembre. Bolide à Édinburgh.

1788, 17 octobre. Bolide dans le Connecticut et la province de New-York, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1789. Dans un soir d'été on vit un bolide aux environs de Worms.

1790, 24 juillet. Bolide à Juliac, en France, se dirigeant du nord-est au sud-ouest et suivi d'une explosion qui donna naissance à une chute de pierres (voir p. 194).

1792, 18 avril. Bolide à Lima.

1792, en septembre. Grand bolide à Mayence.

1794, 16 juin. Bolide à Sienne, suivi d'une longue traînée, et ayant éclaté avec une forte explosion accompagnée de la chute de pierres citée plus haut, p. 195.

1796, 8 mars. Grand bolide en Lusace, Saxe, Brandenburg, Silésie et Bohême.

1797, 13 juillet. Bolide à Gœttingue.

1798, 8 ou 12 mars. Bolide à Genève, se dirigeant de l'est à l'ouest, et qui donna naissance à la pierre tombée à Sales, près de Villefranche (voir plus haut, p. 195).

1798, 28 juillet. Bolide en Angleterre, suivi d'une explosion.

1798, 22 septembre. Bolide en Angleterre, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1798, 20 novembre. Bolide en Angleterre.

1798, 19 décembre. Grand bolide d'où proviennent les pierres de Bénarès (voir plus haut, p. 195).

1799, 2 novembre. Bolide à Pocklington, en Angleterre, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1799, 7 novembre. Bolide à San-Luis de Potosi, au Mexique.

1799, 12 novembre. Bolide en Angleterre, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1800, 1er avril. Bolide dans le comté d'Essex, en Angleterre, suivi de la chute d'une pierre à Bumstead (voir plus haut, p. 195).

1800, 5 avril. Bolide dans l'Amérique du nord, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1800, 8 août. Bolide dans l'Amérique du nord.

1800, août. Deux petits bolides à Halle.

1801. Bolide à l'Ile de France, venant de l'ouest, et d'où tombèrent les pierres de l'île des Tonneliers (voir plus haut, p. 195).

1801, 19 juin. Bolide à Halle.

1801, août. Bolide en France, département de l'Ain, se dirigeant du sud au nord et suivi d'une explosion.

1801, 23 octobre. Bolide à Colchester.

1802, 10 août. Bolide se dirigeant du nord au sud, à Quedlinburg, en Prusse.

1803, 26 avril. Bolide dans le département de l'Orne, se dirigeant du sud-est au nord-ouest, suivi d'une explosion et de la chute des pierres de l'Aigle (voir plus haut, pages 195 et 225).

1803, 4 juillet. Bolide à East-Norton, en Angleterre, suivi de la chute d'une pierre (voir plus haut, p. 195).

1803, en juillet. Bolide à Bologne, suivi d'une forte explosion.

1803, 22 septembre. Bolide à Genève et à Béfort.

1803, 10 octobre. Bolide sur la mer Atlantique. (Krusenstern.)

1803, 6 ou 13 novembre. Bolide en Angleterre.

1803, 16 novembre. Bolide à Genève, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1803, 13 décembre. Bolide à Ékaterinenburg, en Russie.

1803, 16 décembre. Bolide à Schwartzenberg, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1804, 15 avril. Bolide dans les cantons de Genève et de Neuchâtel, se dirigeant du sud au nord.

1804, 29 juillet. Bolide à Francfort-sur-Oder, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1804, 19 août. Bolide dans l'Oldenburg.

1804, en septembre. Bolide à Tunbridge, en Angleterre.

1804, 10 ou 12 septembre. Bolide à Weimar, Iéna et Leipzig, se dirigeant du sud-sud-ouest au nord-nord-est.

1804, 2 décembre. Gros bolide en Finlande suivi d'une explosion.

1805, 1er février. Bolide en Saxe, à Francfort-sur-Oder et Halle, se dirigeant de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est et suivi d'une explosion.

1805, 21 juillet. Bolide à Londres.

1806, 11 février. Bolide à Stockholm.

1806, 17 juillet. Bolide en Angleterre, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1806, 23 septembre. Bolide à Weimar suivi d'une explosion.

1806, 28 septembre. Bolide entre Memmingen et Lindau, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1806, 22 décembre. Bolide dans le Northamptonshire, en Angleterre, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1807, 6 mars. Bolide à Genève et à Glasgow, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1807, 9 août. Bolide à Nürnberg.

1807, en septembre. Bolide dans le Jutland, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1807, 14 décembre. Bolide dans le Connecticut qui donna lieu à la chute des pierres de Weston (voir plus haut, p. 196).

1808, 21 mai. Bolide à Ferentino, dans les États-Romains, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1808, 29 mai. Bolide en Allemagne, suivi d'une traînée.

1808, 4 juin. Bolide à Dessau, en Allemagne.

1808, 29 juillet. Bolide à Troston, en Angleterre.

1808, 15 août. Bolide à Vienne (Autriche), se dirigeant du nord au sud.

1808, 11 novembre. Bolide en Angleterre.

1808, 29 décembre. Bolide à Berne, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1809, 29 juillet. Bolide suivi d'une explosion dans le Neumark, en Silésie.

1809, 28 août. Bolide à Parme.

1809, 12 octobre. Bolide à Londres.

1809, 29 novembre. Bolide à Munich.

1810, 3 janvier. Bolide à Genève et à Berne.

1810, dans la nuit du 20 au 21 avril. Bolide à Santa-Rosa, dans la Nouvelle-Grenade, jetant un grand éclat, paraissant raser la terre dans la direction du nord-est au sud-ouest, et qui donna naissance à la chute d'un aérolithe (voir plus haut, p. 196 et 228). (Boussingault.)

1810, 23 novembre. Bolide en France, se dirigeant du nord au sud, accompagné d'une longue traînée lumineuse, et qui fut suivi d'une chute de pierres à Charsonville (voir plus haut, p. 197).

1810, 30 décembre. Bolide dans le Groenland, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1811, 18 février. Bolide à Olmütz, en Moravie.

1811, 15 mai. Bolide en France et en Allemagne.

1811, en juillet. Bolide à Heidelberg, dans le duché de Bade.

1812, 28 janvier. Bolide suivi d'une longue traînée dans le duché de Bade et en Suisse, se dirigeant du nord au sud.

1812, 30 janvier. Bolide suivi d'une explosion à Louisville, dans le Kentucky.

1812, 10 avril. Bolide d'un diamètre comparable à celui de la Lune et qui donna naissance à la chute de pierres observée à Toulouse (voir plus haut, p. 197).

1812, 15 avril. Bolide se dirigeant du sud-est au nord-ouest et qui produisit la pierre d'Ersleben (voir plus haut, p. 197).

1812, 23 août. Bolide à Utrecht d'un diamètre comparable à celui de la Lune.

1812, 13 septembre. Bolide aux environs de Ségovie, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1812, 15 novembre. Un bolide à Carlsruhe, Salzburg, Vienne et en Bohême.

1813, 27 janvier. Bolide à Brünn en Prusse.

1813, 21 mars. Bolide à New-Haven dans le Connecticut.

1813, 8 novembre. Bolide en Angleterre.

1814, 27 janvier. Bolide suivi d'une explosion à Augsbourg et à Munich.

1814, 19 avril. Bolide en Prusse se dirigeant du nord au sud avec une longue traînée.

1814, 29 juillet. Bolide sur le lac de Genève suivi d'une explosion.

1814, 8 septembre. Bolide à Augsbourg.

1814, 18 octobre. Bolide en Allemagne.

1814, 9 novembre. Bolide à Moscou se dirigeant du nord au sud.

1814, 2 décembre. Bolide à Londres.

1815, 30 avril. Bolide à Florence suivi d'une explosion.

1815, 10 mai. Bolide à Worcester en Angleterre, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1815, 16 septembre. Bolide à Gœttingue suivi d'une explosion.

1815, 29 septembre. Bolide à Londres.

1816, 8 ou 9 janvier. Bolide à Pest en Hongrie.

1816, 23 mars. Grand bolide en Berkshire et à Oxford, se dirigeant du nord au sud et suivi d'une explosion.

1816, 7 août. Bolide à Nagybania en Hongrie, se dirigeant du sud au nord.

1816, 13 août. Bolide en Écosse.

1816, 20 ou 21 décembre. Bolide à Pest en Hongrie.

1817, dans la nuit du 2 au 3 mars. Bolide à Gothenburg et à Odensée, probablement suivi d'une chute de pierres (voir plus haut, p. 199).

1817, 18 mars. Bolide suivi d'une forte explosion dans le département de Lot-et-Garonne.

1817, 10 avril. Bolide à Tabor en Bohême, se dirigeant du nord-est au sud-ouest et suivi d'une forte explosion.

1817, 27 avril. Bolide dans l'Allemagne occidentale, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1817, 8 septembre. Bolide en Angleterre.

1817, 17 octobre. Bolide à Aix-la-Chapelle.

1817, 19 novembre. Bolide à La Rochelle.

1817, 8 décembre. Bolide à Ipswich, en Angleterre, suivi d'une explosion.

1818, 28 janvier. Bolide à Campbelltown, près du fort Saint-George, en Écosse.

1818, 6 février. Bolide en Angleterre, suivi d'une explosion.

1818, 15 février. A 6 heures du soir, bolide vu à Limoges, Bordeaux, La Réole, Agen, Rodez, Montauban, Toulouse, Pau, par un ciel presque serein ; la Lune voilée ne répandait qu'une faible clarté. Ce météore se dirigea du sud au nord et laissa après lui une traînée de lumière sinueuse. Lorsqu'il s'éteignit on remarqua à sa place une vapeur blanchâtre. Une violente détonation se fit entendre peu d'instants après. Peut-être ce bolide a-t-il donné lieu à la chute d'un aérolithe (voir plus haut, p. 199).

1818, 2 mars. Bolide dans la mer de Chine, près des îles Philippines.

1818, 17 juillet. Bolide dans l'Amérique du nord, suivi d'une explosion.

1818, 5 août. Bolide à Chelmfort, en Angleterre.

1818, 6 septembre. Bolide à Breteuil (Oise), suivi d'une explosion.

1818, 14 septembre. Bolide en Angleterre.

1818, 31 octobre. Bolide à Méhadia, dans le Bannat.

1818, 13 novembre. Bolide à Gosport, en Angleterre.

1818, 17 novembre. Bolide à Gosport.

1818, 18 décembre. Bolide à Halle, se dirigeant du nord au sud.

1818, dans la nuit du 21 au 22 décembre. Bolide en Fionie.

1819, 2 ou 3 février. Bolide près de Canterbury et Beckley, dans le comté de Sussex.

1819, 5 mai. A midi et demi, par un temps parfaitement serein et un beau soleil, on aperçut à Aberdeen, en Écosse, un globe de feu qui avait une espèce de queue. Cinq minutes après son apparition il fit explosion avec un bruit considérable. Le volume de fumée qui en sortit ressemblait à un petit nuage blanchâtre. Le même phénomène fut aperçu dans un grand nombre de villages d'Écosse. (*Royal Institution*, juillet 1819, p. 395.)

1819, 5 juin. Un météore remarquable fut aperçu près de Lowisk, dans le voisinage de Berwick, 5 minutes après midi, par un beau soleil et un ciel sans nuage. Au moment de son apparition, il avait la forme d'un globe;

après on l'aurait comparé à une épée flamboyante dirigée vers la terre. (*Royal Institution*, juillet 1819, p. 395.)

1819, 24 juillet. Bolide à Youngstown dans l'Ohio (États-Unis).

1819, 6 août. Bolide en Moravie, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1819, 13 août. Bolide aux États-Unis, qui donna naissance à la chute de la masse gélatineuse mentionnée plus haut (p. 213).

1819, 20 août. Bolide à Chambéry, en Savoie.

1819, 1er octobre. Bolide à Tottenham, en Angleterre.

1819, 24 octobre. Bolide à Anvers et dans le nord de l'Angleterre.

1819, 13 novembre. Bolide à Port-au-Prince, dans l'île d'Haïti, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1819, 14 novembre. Bolide en Bohême.

1819, 21 novembre. Bolide dans le Massachusetts, à Baltimore et dans le Maryland, suivi d'une explosion.

1820, 18 avril. Bolide à Augsbourg.

1820, dans la nuit du 10 au 11 mai. Bolide près de Coblentz, suivi d'une explosion.

1820, 30 juillet. Bolide à Brünn.

1820, 12 octobre. Bolide dans les steppes des Kirghiz, dans le Turkestan.

1820, 29 novembre. Bolide à Naples suivi d'une chute de pierres en Calabre (voir plus haut, p. 199).

1820, 9 décembre. Bolide dans la Mongolie, suivi d'une explosion.

1821, 12 février. Bolide à Breslau.

1821, 28 avril. Bolide à Leipzig.

1821, 16 mai. Bolide à Munich.

1821, 20 août. Bolide à Saint-Thomas dans les Indes occidentales.

1821, 7 ou 8 septembre. Bolide en Bohême et en Lusace.

1821, 7 octobre. Bolide dans la Marche et en Saxe.

1821, 30 octobre. Bolide à Marienwerder, en Prusse.

1821, 30 novembre. Bolide à Delitsch, en Misnie.

1821, 1er décembre. Bolide à Leipzig.

1821, 2 décembre. Bolide en Saxe, Lusace et Silésie, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1821, 2 décembre. Bolide à Brighton, en Angleterre.

1821, 3 décembre. Bolide à Weimar, en Saxe.

1821, 4 décembre. Bolide à Gœrlitz, en Lusace.

1821, 11 décembre. Bolide en Angleterre.

1821, 18 décembre. Bolide à Naples.

1821, 24 décembre. Bolide dans l'Allemagne septentrionale.

1821, 25 décembre. Bolide à Rothenburg, en Lusace.

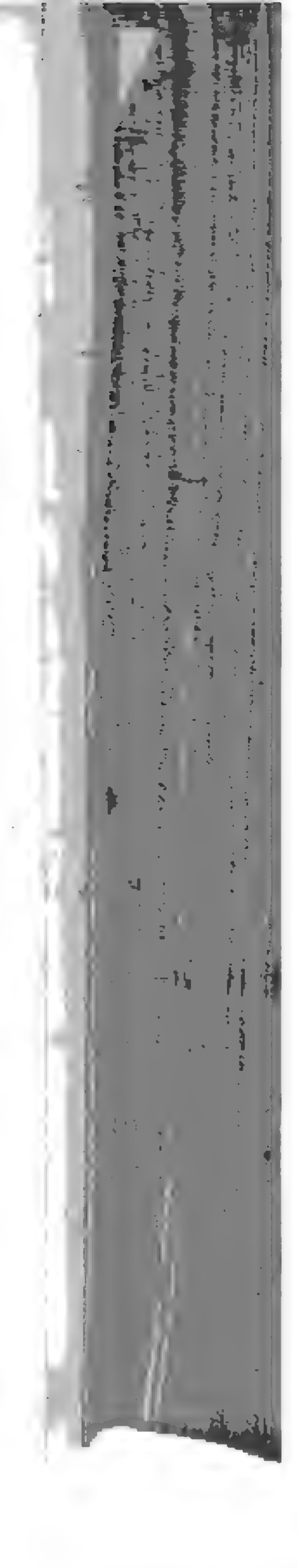
1821, 26 décembre. Bolide à Weimar.

1822, 11 janvier. Bolide à Gumbinnen, dans la Prusse orientale, se dirigeant du nord au sud et suivi d'une explosion.

1822, 14 janvier. Bolide à Heiligenstadt, dans la Prusse saxonne, en Hanovre et à Coblentz, suivi d'une très-forte explosion.

1822, 25 janvier. Bolide en Prusse, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1822, 6 février. Bolide près de Roszsitz, en Moravie.



1822, 7 février. Bolide près de Landshut, en Bavière, suivi d'une forte explosion.

1822, 9 février. Bolide à Leipzig et en Moravie.

1822, 1er mars. Bolide à Brünn.

1822, 31 mars. Bolide à Leipzig.

1822, 9 avril. Bolides à Halberstadt, en Prusse, à 5 heures du matin, et à Rodez et Avignon à 9 heures du soir.

1822, 9 juin. Bolide à Loudun, Poitiers, Angers, suivi d'une forte explosion qui a donné naissance à l'aérolithe tombé à Angers (voir plus haut, page 199).

1822, 9 juin. Bolide en Moravie, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1822, 13 juin. Bolide à Christiania.

1822, 17 juin. Bolide à Leipzig et à Dantzig.

1822, 19 juin. Bolide à Hambourg.

1822, 28 juillet. Bolide à Brünn.

1822, 6 août. Bolide à Paris et à La Rochelle, en France, et à Southampton, en Angleterre.

1822, 7 août. Bolide à Iglau, en Moravie.

1822, 11 août. Bolide à Liége et Coblentz.

1822, 23 août. Bolide à Bromberg et à Posen.

1822, 1er septembre. Bolide à Fort-Royal (Martinique), se dirigeant de l'est à l'ouest et suivi d'une forte explosion.

1822, dans la nuit du 27 au 28 octobre. Bolide dans le cercle de Berleburg.

1822, 28 octobre. Bolide près de Silverhilly, en Angleterre.

1822, 11 novembre. Bolides à Freiberg entre dix et

onze heures du soir et à Wittenberg entre cinq et six heures, se dirigeant tous deux de l'est à l'ouest.

1822, 12 novembre. Plusieurs bolides à Potsdam et à Taucha, près de Leipzig.

1822, 15 novembre. Bolide à Apenrade, en Danemark.

1822, 21 décembre. Bolide à Brünn et Roszsitz, se dirigeant du sud-ouest au nord-est et suivi d'une explosion.

1823, 24 janvier. Bolide à Gosport, en Angleterre.

1823, 2 avril. Bolide à Mannheim.

1823, 6 avril. Bolide à Berlin et à Neustadt-Eberswalde, en Brandebourg.

1823, 9 avril. Bolide à Potsdam.

1823, 2 mai. Bolide dans le Northumberland.

1823, 20 mai. Bolide à Raguse.

1823, 23 mai. Bolide à Kiel et à Copenhague.

1823, 30 juillet. Bolide à Leipzig, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1823, 9 août. Bolide à Gingen, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.

1823, 12 août. Bolide à Tübingen.

1823, 19 août. Bolide à Munich.

1823, 3 octobre. Bolide à Kœnigsberg, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1823, 6 décembre. Bolide entre Maestricht et Aix-la-Chapelle, se dirigeant du nord au sud.

1824, 3 février. Bolide à Gœrlitz et Lœwenberg, se dirigeant du sud au nord.

1824, 1er mars. Bolide à Berlin.

1824, 17 avril. Bolide en Angleterre.

1824, 9 juin. Bolide à Leipzig et à Halle.

1824, dans la nuit du 11 au 12 août. Bolide dans les Alpes et en Toscane.

1824, 13 septembre. Bolide à Saint-Pétersbourg.

1824, dans la nuit du 13 au 14 novembre. Bolide à Mayence.

1824, 16 novembre. Bolide à Bonn.

1824, 27 novembre. Bolide dans le cercle de Beraun, en Bohême, et à Erlangen, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1824, 10 décembre. Bolide au Mans, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1824, 15 décembre. Bolide à Magdebourg, suivi d'une explosion.

1824, 17 décembre. Grand bolide en Bohême, suivi d'une explosion.

1825, 2 janvier. Bolide à Valderno, aux environs d'Arezzo, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1825, 17 janvier. Bolide à Bromberg, en Prusse.

1825, 24 janvier. Bolide à Kœnigsberg.

1825, 3 février. Bolide à Nürnberg, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1825, 4 février. Bolide à Cassel, se dirigeant du sud-ouest au nord-est.

1825, 7 février. Bolide à Cassel.

1825, 28 juillet. Bolide à Francfort-sur-Mein, Bamberg et Hanovre.

1825, 3 août. Bolide à Meidling et Dœbling, en Autriche, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1825, 22 août. Bolide à Utrecht et à Amsterdam, allant du sud au nord.

1825, 20 septembre. Bolide à Leipzig et Hanovre.

1825, 24 septembre. Bolide à Leipzig, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1825, 17 octobre. Bolide à Prague, suivi d'une explosion.

1825, 19 octobre. Bolide à Berlin.

1825, 22 octobre. Bolide à Hœxter, en Prusse.

1825, 4 novembre. Bolide à Halle.

1825, 5 novembre. Bolide à Halle.

1825, 9 novembre. Bolide en Bohême, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1825, 14 novembre. Bolide à Leith, en Ecosse, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1825, 1er décembre. Bolide à Berlin.

1825, 10 décembre. Bolide à Halle, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1825, 18 décembre. Bolide à Francfort, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1826, 14 février. Bolide à Campo de Criptana, dans la Manche, en Espagne.

1826, 14 avril. Bolide entre Paisley et Glasgow, se dirigeant du nord au sud.

1826, 21 juillet. Bolide à Heidelberg.

1826, 29 juillet. Bolide entre Varela et Florido, en Espagne.

1826, 3 août, à cinq heures du soir. Bolide à Frankenstein, en Silésie, se dirigeant du sud-ouest au nord-est, et à dix heures et demie du même soir, à Lütschena,

près de Leipzig, un autre bolide se dirigeant de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest.

1826, 8 août. Bolide à Odensée, en Danemark.

1826, 11 août. Bolide à Halle, en Prusse.

1826, 4 septembre. Bolide à Halle.

1826, 6 septembre. Bolide entre Halle et Cœnnern.

1826, 13 septembre. Bolide à Bordeaux.

1826, dans la nuit du 6 au 7 novembre. Plusieurs bolides à Ténériffe.

1826, 31 décembre. Bolide en Allemagne, à Lippe.

1827, 21 mai. Bolide à Laytonstone, près de Greenwich.

1828, 18 janvier. Bolide à Gotha.

1828, 11 février. Bolide entre New-York et Long-Island.

1829, 26 août. Bolide à Parme. (Plieninger.)

1829, 26 septembre. Bolide à Brême et à Düsseldorf.

1829, 19 novembre. Bolide à Prague, suivi de la chute d'une pierre (voir plus haut, p. 201).

1830, 14 mars. Bolide à Freiberg, se dirigeant du sud-est au nord-ouest.

1830, dans la nuit du 12 au 13 décembre, on vit, près de Heiligenstadt, dans la Saxe prussienne, dans un court espace de temps, environ *quarante* bolides qui, au moment de leur apparition, lançaient comme des éclairs. Ils se dirigèrent vers le sud-est avec un bruit semblable à un sifflement, se croisèrent à plusieurs reprises et montrèrent en tombant les couleurs de l'arc-en-ciel.

1831, 1er janvier. Bolide à Storkyro, en Finlande, suivi d'une explosion.

1831, 12 janvier. Bolide à Breslau. (Plieninger.)

1831, 28 janvier. Bolide à Gotha.

1831, 19 octobre. Bolide à Hœpsigheim dans le grand bailliage wurtembergeois de Marbach, se dirigeant du nord-ouest au sud-est.

1831, 13 novembre. Bolide à Ulm, à Munich, Stuttgard, Inspruck, suivi d'une explosion.

1831, 26 novembre. Bolide à Sœgel, dans le cercle d'Arensberg.

1831, 29 novembre. Bolide de la grosseur de la Lune dans le cercle de Hildburghausen.

1831, 8 décembre. Bolide en Angleterre.

1832, 2 janvier. Bolide à Bordeaux et à Berlin.

1832, 7 février. Bolide à Lauenburg. (Plieninger.)

1832, 15 mars. Bolide à Berlin, se dirigeant de l'ouest à l'est. (Plieninger.)

1832, 31 mai. Bolide à Riga. (Plieninger.)

1832, 29 juin. Bolide à Brest. (Plieninger.)

1832, 6 octobre. Bolide à Berlin. (Plieninger.)

1832, 13 octobre. Bolide à Ulm. (Plieninger.)

1832, 24 octobre. Bolide à Grünewald. (Plieninger.)

1832, 19 novembre. Bolide en Angleterre. (Plieninger.)

1832, 30 décembre. Bolide à Bonn. (Plieninger.)

1833, 19 avril. Bolide à Nürnberg et à Prague. (Plieninger.)

1833, 20 mai. Bolide à Chichester. (Plieninger.)

1833, 2 octobre. Bolide à Hildburghausen en Saxe.

1833, 20 novembre. Bolide à Presbourg, en Hongrie, se dirigeant du nord-est au sud-ouest.



1834, 30 janvier. Bolide à Coringham, près de Gainsborough, en Angleterre, se dirigeant de l'est à l'ouest.

1834, 10 mars. Bolide à Hirschberg en Silésie, suivi d'une explosion.

1834, 10 août. Bolide à Bruxelles. (Quetelet.)

1834, 2 octobre. Vers sept heures du soir, à Cologne, on remarqua dans la partie nord-est du ciel, près de l'étoile Algénib, dans la constellation de Persée, un magnifique bolide, brillant d'une lumière blanche éblouissante. Il surpassait Jupiter pour la grandeur et l'éclat. Il se dirigea vers le nord, avec une certaine rapidité, parallèlement à l'horizon et disparut tout à coup, après deux secondes environ, dans le voisinage de l'étoile $\varkappa$ de la Girafe, après s'être partagé en deux parties. (*Preussische Staatszeitung*, n° 279.)

1835, 13 janvier. Bolide à Berlin, se dirigeant de l'ouest à l'est.

1835, 6 février. Gros bolide à Parme.

1835, 22 mars. Bolide vu de la forteresse de Troizkosaffsk, en Prusse, suivi d'une explosion.

1835, 13 juin. Bolide à Kœnigsberg, en Prusse. (*Preussische Staatszeitung*, n° 172.)

1835, 17 juillet. A huit heures et demie du soir on vit de Milan un bolide de la grosseur apparente d'un boulet de canon, de couleur blanchâtre, répandant une vive lumière, et traînant au loin derrière lui une queue étincelante. Il se dirigeait de l'est à l'ouest vers la partie nord du ciel. Ce météore fut aperçu aussi à Stuttgard et à Bonfeld, près de Heilbronn, dans la partie australe du

ciel ; mais il n'avait alors que la dimension apparente d'une bille de billard. Il fit explosion en projetant vers la Terre des fragments qui brillaient d'une vive clarté. Peu de minutes après la disparition du phénomène on entendit à Milan un craquement sourd, et dans le Wurtemberg une détonation semblable à un coup de canon. La distance de Milan à Heilbronn étant de 102 lieues environ, l'explosion a dû être entendue dans un rayon de 55 lieues. (*Nouv. de Berlin*, nos 174 et 176.)

1835, 18 juillet. Bolide à Aarhuus, laissant derrière lui une traînée, et suivi d'une explosion. (Id., no 166.)

1836, 12 février. A 6 heures 27 minutes du matin, un bolide a été aperçu de Cherbourg, dans la direction de l'est. Sa forme était celle d'une grosse boule enflammée : elle paraissait à la vue simple d'un diamètre à peu près égal au disque de la Lune dans son plein. Ce foyer aérien était de couleur pourpre ; il jetait une lumière si vive que l'horizon en était comme embrasé, et qu'on aurait pu lire dans les rues quoiqu'il ne fît pas jour. On remarquait distinctement dans ce globe de feu une cavité très-ombrée d'où s'échappait une fumée pâle mêlée d'étincelles. Il était entouré d'un cercle vaporeux formant une bande assez large, et dont la couleur blanchâtre n'était obscurcie, sur un seul point, que par la forte vapeur qu'exhalait le météore. Il paraissait n'être qu'à 200 ou 300 mètres au-dessus du sommet des collines sur lesquelles il passait. Au moment de son apparition à Cherbourg, il ne parcourait guère qu'une demi-lieue par minute et avait un mouvement bien marqué de rotation sur son axe ; il parut même s'arrêter un instant comme

s'il eût été incertain de la route qu'il devait prendre ; puis il s'éloigna avec la vitesse d'un trait, produisant un léger craquement dans l'air, et alla tomber à environ 12 lieues de là, près d'un marais, dans la commune d'Orval, arrondissement de Coutances, où il s'anéantit en faisant entendre un bruit semblable à l'explosion de plusieurs pièces d'artillerie, et en répandant une forte odeur sulfureuse. Dans ce rapide trajet, marqué dans l'atmosphère par un long sillon grisâtre, le météore traînait après lui une queue blanche qui avait d'abord la largeur du diamètre du cercle vaporeux entourant le globe et qui, se rétrécissant en ligne droite pour se terminer en pointe, affectait parfaitement la figure d'un triangle isoscèle. (Lettre de M. Vérusmor à M. Arago ; *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. II, p. 153.)

1837, dans la nuit du 4 au 5 janvier. Brillant bolide observé à Vesoul, à Cusset près de Vichy, à Niederbronn, se dirigeant du nord au sud et conduisant derrière lui une longue traînée. Les observations faites dans les lieux où le phénomène a été aperçu ont permis à M. Petit, directeur de l'Observatoire de Toulouse, de calculer sa distance à la Terre, sa vitesse et son diamètre réel. L'habile astronome a trouvé que ce météore devait avoir 2,200 mètres de diamètre, qu'il se mouvait en parcourant 5,200 mètres par seconde, et que sa distance à la surface de notre planète était d'environ 68 lieues. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIX et XXXII.)

1839. Bolides à Parme, le 6 février, 6 juillet, 13 septembre, 6 et 10 novembre ; le 6 juin, en France et en Suisse ; le 10 septembre, à Gand ; le 4 octobre, à Plai-

sance, en Italie; 1er novembre, en Russie. (Quetelet.)

1840. Bolides, le 6 et le 7 février à Bruxelles et à Louvain; le 8 février, près de Copenhague; le 28 avril, 23 et 31 mai, à Parme; le 3 août, en France; le 7 août, à Naples; le 29 octobre, à Bruxelles; le 29 décembre, en Russie. (Quetelet.)

1840, 2 novembre. Bolide à Évreux. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XI.)

1840, 30 novembre. Bolide observé à Chartres, par M. Chasles, et qui se dirigeait de l'ouest à l'est, a éclaté en répandant une lueur vive comme une chandelle romaine. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XI.)

1841. Bolides en France, le 25 février, 21 mars et 13 juin; à Paris, le 8 septembre; à Montargis, le 16 mai; à Blois, le 4 ou le 5 juillet; à Bayonne, le 29 septembre; à Parme, le 27 février, 8 mars, 22 mars, 6 novembre; à Genève, le 24 mars, le 30 mars, le 20 juillet; à Bruxelles, le 13 mai; à Corfou, le 20 août. (Quetelet.)

1841, 9 février. Bolide vu à Paris, Agen, Toulouse, Carcassonne et Pau, de la grosseur d'un boulet de canon, distant de la Terre, selon les calculs de M. Petit, de 38 lieues. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIX.)

1841, 9 juin. Bolide à Saint-Rambert (Ain), du diamètre apparent de 10 centimètres et se dirigeant du sud-est au nord-ouest. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIII.)

1841, 18 août. Bolide vu à Paris et à Reims, ayant, d'après les calculs de M. Petit, un diamètre réel de 3,900 mètres, et distant de la Terre, au moment de l'ex-

tinction, de 182 lieues. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIX.)

1841, 8 octobre. Magnifique bolide, observé à Dijon, ayant un diamètre apparent de la grandeur du disque de la Lune, et suivi d'une traînée lumineuse. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIII.)

1842, 3 juin. Bolide vu à Mende, à Toulouse et à Montpellier, se dirigeant du nord-ouest au sud-est, distant de la Terre, selon les calculs de M. Petit, de 74 lieues au moment de son apparition, et de 5 lieues au moment de son extinction, et ayant une vitesse par seconde de 18 lieues. (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. XVI.)

1842, 5 décembre. Bolide à Épinal (Vosges), qui donna naissance à un aérolithe (voir plus haut, p. 203).

1844, 10 septembre. Bolide à Benfeld (Bas-Rhin), Hasselt et Bruges. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIX.)

1844, 8 octobre. Bolide près du Puy (Haute-Loire), se dirigeant du sud-sud-ouest au nord-nord-est, et suivi d'une petite traînée lumineuse. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIX.)

1844, 27 octobre. Bolide à Parcé (Sarthe), et au Blanc (Indre), ayant, selon les calculs de M. Petit, une vitesse de 18 lieues par seconde, et distant de la Terre de 128 lieues au moment de son apparition, et de 3 lieues au moment de son extinction. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIX et XX.)

1844, 12 décembre. Bolide à Limoux (Aude), se dirigeant du nord au sud. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XX.)

1846, 10 février. Bolide énorme aux environs de Caraman (Haute-Garonne). (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXII.)

1846, 21 février. Bolide à Collioure (Pyrénées-Orientales), formé de deux gros globes lumineux, paraissant presque en contact et se dirigeant du nord-est au sud-ouest. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. XXII.)

1846, 1er mars. Bolide à Toulouse, se dirigeant de l'est à l'ouest. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXII.)

1846, 21 mars. Bolide dans la Haute-Garonne et l'Ariége, se dirigeant du sud au nord, distant de la Terre, selon les calculs de M. Petit, de 3 lieues environ, et ayant une vitesse d'à peu près 2 lieues par seconde. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXII et XXIII.)

1846, 23 juillet. Bolide vu à Toulouse, Cazères, Auch et Pau, distant de la Terre de 11 lieues, selon les calculs de M. Petit, ayant pour diamètre réel 98 mètres, et se mouvant avec une vitesse d'environ 2 lieues par seconde. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXV.)

1846, 9 octobre. Bolide vu à Paris et à la Ferté-sous-Jouarre (Seine-et-Marne), d'un diamètre apparent égal au disque de la Lune, se dirigeant vers le sud en suivant le méridien. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIII.)

1846, 9 octobre. Bolide vu près de Paris, à Chartres, à Orléans et à Troyes, se dirigeant à peu près de l'est à l'ouest et ayant disparu avec explosion. (Lettre de M. Chasles à M. Arago; *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIII.)

1846, 17 octobre. Bolide à Dijon (Côte-d'Or) et à Hanau (Hesse-Électorale), se dirigeant de l'ouest à l'est. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIII.)

1846, 9 novembre. Bolide à Dijon. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIII.)

1847, 29 juin. Bolide à Parme. (M. Colla.)

1847, 17 août. Bolide à Paris. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXV.)

1847, 19 août. Bolide à Paris et à Dieppe, suivi d'une traînée lumineuse, distant de la surface de la Terre, selon les calculs de M. Petit, de 54 lieues au moment de sa première apparition, et de 17 lieues au moment de son extinction, et ayant une vitesse absolue de 17 lieues par seconde. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXV.)

1848, 22 février. Bolide à Paris. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXVI.)

1850, 31 janvier. Bolide à Cherbourg, suivi d'une traînée lumineuse. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXX.)

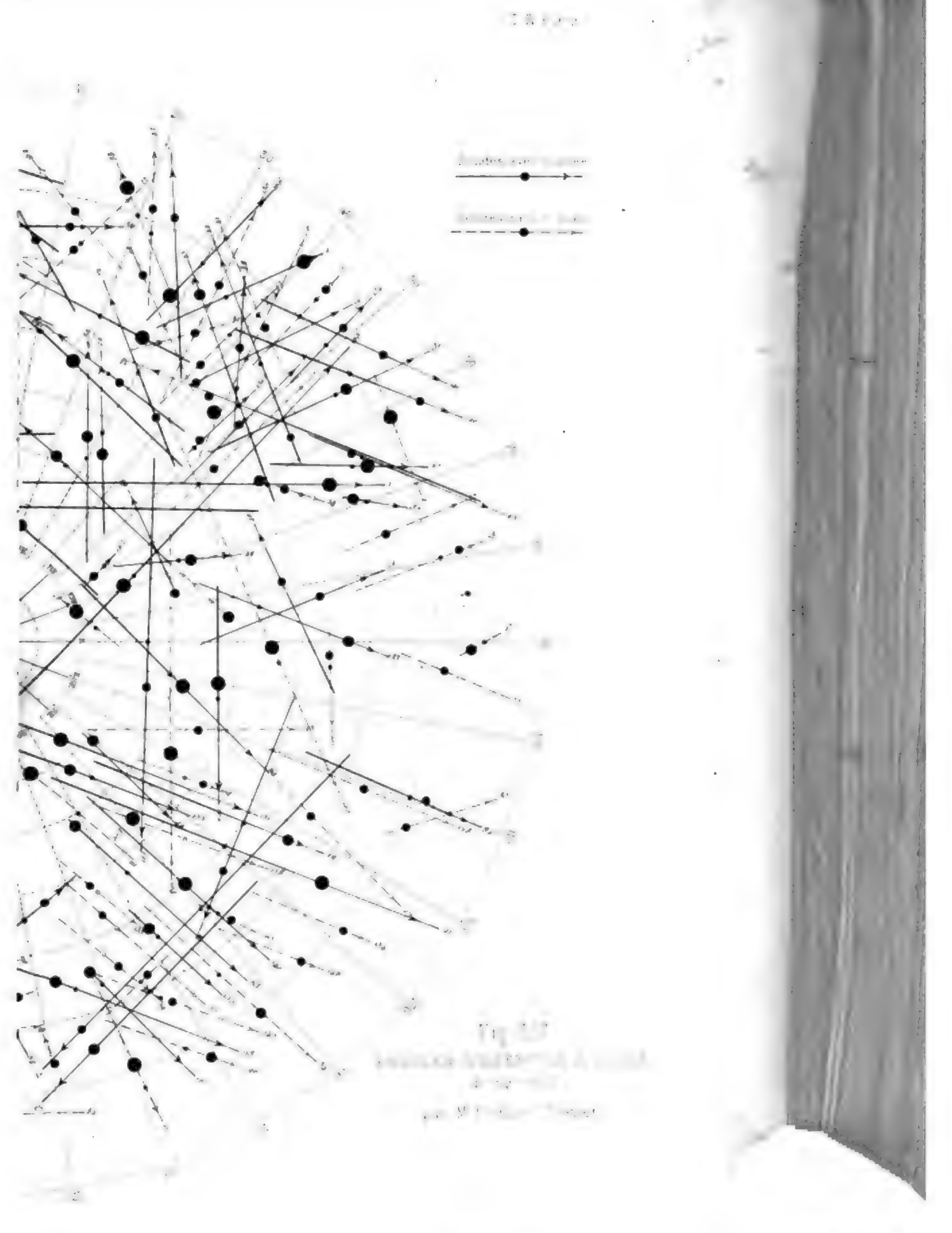
1850, 5 juin. Bolide à Paris, à Rouen, à Caen, à Provins, à Meaux, au Havre, etc., distant de la Terre de 12 à 14 lieues, selon les calculs de M. Petit, et se mouvant avec une vitesse relative de 6 lieues par seconde, et une vitesse absolue dans l'espace de 11 lieues. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXVI.)

1850, 6 juin. Bolide à Dijon, suivi d'une détonation entendue sur un cercle de plus de 25 lieues de rayon. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXI.)

1850, 22 juin. Bolide à Oviédo, en Espagne, suivi









d'une détonation. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXI.)

1850, 6 juillet. Bolide à Bordeaux et à Toulouse, se dirigeant du nord-nord-ouest au sud-sud-est, distant de la Terre, selon les calculs de M. Petit, de 64 lieues lors de son apparition, et de 32 lieues lors de son extinction, ayant un diamètre réel de 215 mètres, et se mouvant avec une vitesse absolue de 19 lieues par seconde. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXV.)

1850, 8 juillet. Bolide à Toulouse. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXI.)

1851, 21 août. Bolide à Cherbourg. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIII.)

1851, 18 novembre. Bolide à Cherbourg. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIII.)

1852, 2 avril. Bolide à Toulouse, distant de la Terre d'environ 4 lieues, selon les calculs de M. Petit, ayant un diamètre réel de 32 mètres, et se mouvant avec une vitesse absolue dans l'espace de 7 lieues par seconde, et une vitesse relative rapportée au centre de la Terre, de 3 lieues et demie. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXV.)

1852, 11 mai. Bolide à Dieppe, se dirigeant du sud au nord. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIV.)

1852, 5 octobre. Bolide à Namur, suivi d'une traînée umineuse. (Quetelet.)

Aux bolides indiqués dans ce catalogue, il faut joindre ceux qui ont été vus à Paris, par M. Coulvier-Gravier; depuis huit ans, avec une persévérance digne des plus grands

éloges, cet observateur passe toutes ses nuits à la recherche des étoiles filantes et des autres météores ignés [1].

[Les bolides observés par M. Coulvier-Gravier sont au nombre de 168. Le plus gros avait à peu près un éclat égal à six fois celui de Vénus; 101 ont été suivis de traînées plus ou moins larges et persistantes, et 20 se sont brisés en éclats. M. Coulvier-Gravier pense qu'il résulte de ses observations une variation horaire dans l'apparition des bolides: le nombre des globes vus aux environs de 6 heures du matin serait le triple du nombre de ces globes observés aux environs de 6 heures du soir; ce résultat s'accorderait avec la variation horaire que M. Coulvier-Gravier pense aussi avoir constatée pour les étoiles filantes.

La figure 327 (page 272) représente les positions dans le ciel de Paris, les directions et les grandeurs de chacun de ces phénomènes. Les globes de troisième grandeur sont immédiatement supérieurs en éclat à Sirius, à Jupiter et à Vénus; ceux de première grandeur ont un éclat double, et ceux de deuxième grandeur sont intermédiaires. M. Coulvier a observé 31 bolides de première grandeur, 39 de deuxième et 98 de troisième. Il faut remarquer que la grandeur n'est ici que relative à la position de l'observateur : un globe vu de première grandeur près du zénith, pourrait paraître bien moins brillant s'il était aperçu près de l'horizon.

1. Afin de compléter le catalogue général de l'*Astronomie populaire*, nous ajoutons ici, suivant les vues de M. Arago, un extrait du catalogue de bolides observés par M. Coulvier-Gravier de 1841 à 1853, catalogue qui a paru dans le tome L des *Annales de chimie et de physique*, 3e série.

Afin qu'on puisse comprendre la figure 327, dans laquelle le centre indique le zénith de l'observateur et le bord son horizon visible, voici les numéros d'ordre et les dates de chacun des bolides observés :

Nos d'ordre.	Dates.		Observations.
1.	28 septembre	1841.	Traînée.
2.	10 juillet	1844.	Traînée; rupture en éclats.
3.	10 juillet	1844.	Traînée; rupture en éclats.
4.	20 juillet	1844.	Rupture en éclats.
5.	8 août	1844.	
6.	7 septembre	1844.	
7.	8 septembre	1844.	Traînée.
8.	14 novembre	1844.	Traînée.
9.	24 avril	1845.	
10.	5 août	1845.	
11.	9 août	1845.	
12.	9 août	1845.	
13.	10 août	1845.	Traînée.
14.	2 septembre	1845.	Traînée.
15.	2 septembre	1845.	Traînée.
16.	6 septembre	1845.	Traînée.
17.	6 septembre	1845.	
18.	28 octobre	1845.	Traînée.
19.	5 novembre	1845.	
20.	17 novembre	1845.	Traînée; rupture en éclats.
21.	3 décembre	1845.	Traînée.
22.	12 février	1846.	Traînée; rupture en éclats.
23.	5 mars	1846.	
24.	30 mars	1846.	Traînée.
25.	28 avril	1846.	Traînée.
26.	1 mai	1846.	Traînée; rupture en éclats.
27.	3 mai	1846.	
28.	13 juin	1846.	
29.	20 juillet	1846.	Traînée.
30.	23 juillet	1846.	Traînée; rupture en éclats.
31.	10 août	1846.	
32.	12 août	1846.	
33.	18 août	1846.	
34.	29 août	1846.	

Nos d'ordre.	Dates.		Observations.
35.	25 septembre	1846.	Traînée.
36.	29 septembre	1846.	Traînée.
37.	10 octobre	1846.	Traînée.
38.	19 octobre	1846.	Traînée.
39.	9 novembre	1846.	Station au milieu de sa course; traînée; rupture en éclats.
40.	15 décembre	1846.	Traînée.
41.	23 février	1847.	
42.	15 mars	1847.	
43.	16 mars	1847.	
44.	20 avril	1847.	Traînée.
45.	20 avril	1847.	Traînée.
46.	20 avril	1847.	Traînée.
47.	2 juin	1847.	
48.	13 juin	1847.	Traînée ; station à la fin de sa course.
49.	9 juillet	1847.	
50.	1 août	1847.	Traînée.
51.	3 août	1847.	Traînée; station.
52.	8 août	1847.	Traînée.
53.	9 août	1847.	
54.	9 août	1847.	
55.	9 août	1847.	
56.	9 août	1847.	Traînée.
57.	9 août	1847.	
58.	9 août	1847.	Traînée.
59.	9 août	1847.	
60.	10 août	1847.	
61.	10 août	1847.	
62.	10 août	1847.	Traînée.
63.	10 août	1847.	Traînée; rupture en éclats.
64.	10 août	1847.	Traînée.
65.	10 août	1847.	Traînée; rupture en éclats.
66.	21 octobre	1847.	Traînée.
67.	16 novembre	1847.	Traînée.
68.	18 novembre	1847.	Traînée.
69.	20 novembre	1847.	Traînée.
70.	11 décembre	1847.	Traînée.
71.	26 février	1848.	Traînée.
72.	6 août	1848.	Traînée.

Nos d'ordre.	Dates.		Observations.
73.	8 août	1848.	Traînée.
74.	12 novembre	1848.	
75.	14 novembre	1848.	Traînée; rupture en éclats.
76.	27 novembre	1848.	Traînée; rupture en éclats.
77.	25 janvier	1849.	
78.	13 février	1849.	
79.	4 mai	1849.	
80.	11 août	1849.	
81.	8 septembre	1849.	
82.	9 septembre	1849.	
83.	18 septembre	1849.	
84.	21 septembre	1849.	
85.	17 octobre	1849.	
86.	19 octobre	1849.	
87.	23 octobre	1849.	
88.	12 juillet	1846.	Traînée; rupture en éclats.
89.	8 décembre	1847.	Traînée; double rupture en éclats.
90.	16 mai	1850.	
91.	3 juin	1850.	Traînée.
92.	9 juin	1850.	
93.	12 juillet	1850.	
94.	15 juillet	1850.	Traînée ; station.
95.	15 juillet	1850.	
96.	30 juillet	1850.	
97.	3 août	1850.	Traînée.
98.	8 août	1850.	
99.	9 août	1850.	Traînée.
100.	10 août	1850.	
101.	10 août	1850.	
102.	10 août	1850.	Traînée.
103.	11 août	1850.	Traînée.
104.	12 août	1850.	Globuleux.
105.	14 août	1850.	Traînée.
106.	14 août	1850.	
107.	18 septembre	1850.	
108.	11 octobre	1850.	
109.	17 octobre	1850.	
110.	29 octobre	1850.	Traînée.
111.	8 novembre	1850.	
112.	10 novembre	1850.	

Nos d'ordre.	Dates.		Observations.
113.	14 novembre	1850.	Traînée.
114.	14 novembre	1850.	Traînée.
115.	15 novembre	1850.	
116.	15 novembre	1850.	Traînée.
117.	3 décembre	1850.	
118.	6 décembre	1850.	Traînée.
119.	6 décembre	1850.	Traînée.
120.	21 décembre	1850.	Traînée.
121.	2 janvier	1851.	Traînée.
122.	30 janvier	1851.	
123.	4 février	1851.	Traînée.
124.	18 février	1851.	Traînée; station; rupture en éclats.
125.	19 juin	1851.	
126.	29 juin	1851.	
127.	6 juillet	1851.	Traînée; station.
128.	7 juillet	1851.	
129.	30 juillet	1851.	Traînée.
130.	30 juillet	1851.	Traînée.
131.	3 août	1851.	
132.	4 août	1851.	Traînée.
133.	5 août	1851.	Traînée.
134.	5 août	1851.	Traînée.
135.	5 août	1851.	Traînée.
136.	6 août	1851.	Traînée.
137.	6 août	1851.	Traînée.
138.	6 août	1851.	
139.	10 août	1851.	Traînée.
140.	12 août	1851.	Traînée.
141.	15 août	1851.	Traînée.
142.	22 août	1851.	Traînée.
143.	13 novembre	1851.	
144.	12 décembre	1851.	Traînée.
145.	26 janvier	1852.	
146.	22 juillet	1852.	
147.	22 juillet	1852.	Traînée.
148.	23 juillet	1852.	Traînée.
149.	12 août	1852.	Traînée.
150.	5 octobre	1852.	Traînée; rupture en éclats.
151.	24 novembre	1852.	Traînée; rupture en éclats.
152.	8 décembre	1852.	

Nos d'ordre.	Dates.	Observations.
153.	10 décembre 1852.	
154.	10 décembre 1852.	Station.
155.	28 décembre 1852.	Traînée; trois stations; rupture en éclats.
156.	13 mai 1853.	
157.	2 juillet 1853.	Traînée.
158.	1 août 1853.	
159.	2 août 1853.	Traînée.
160.	7 août 1853.	
161.	8 août 1853.	Traînée.
162.	9 août 1853.	Traînée.
163.	10 août 1853.	Traînée.
164.	10 août 1853.	Traînée.
165.	10 août 1853.	Traînée.
166.	11 août 1853.	Traînée ; rupture en éclats.
167.	12 août 1853.	Traînée.
168.	12 septembre 1853.	Traînée.

M. Coulvier-Gravier n'a entendu de bruit ni à l'apparition d'aucun des bolides précédents ni au moment de la rupture de ceux qui se sont brisés en éclats.]

Si nous cherchons à résumer, comme nous l'avons fait précédemment pour les aérolithes, les apparitions pour lesquelles on a des dates certaines, nous trouverons 813 bolides, et le tableau suivant représentera les nombres de ces phénomènes constatés pour chacun des douze mois de l'année :

Janvier......................	55
Février......................	57
Mars.........................	48
Avril........................	52
Mai..........................	50
Juin.........................	43
Juillet......................	74
Août.........................	123
Septembre....................	64

Octobre	77
Novembre	90
Décembre	80

Le nombre moyen qu'on trouverait pour chaque mois serait de 68 ; les nombres de chacun des six premiers mois de l'année sont au-dessous de cette moyenne, tandis que ceux des six derniers mois, à l'exception de celui du mois de septembre, sont au-dessus.

On obtient ainsi le même résultat qu'en comparant pour chaque mois les chutes d'aérolithes ; seulement la loi du phénomène apparaît d'une manière plus nette, ce que l'on peut attribuer à ce que les observations de bolides sont beaucoup plus nombreuses que les observations d'aérolithes. La Terre, en circulant dans son orbite autour du Soleil, rencontre donc plus de bolides en allant de l'aphélie au périhélie qu'en marchant du périhélie à l'aphélie.

Sur le nombre total de huit cents bolides observés, dont les annales des sciences ont pu conserver la mémoire, on en trouve trente-cinq qui ont donné naissance à des aérolithes dont la chute a eu des témoins. Malgré la petitesse du rapport des deux nombres, on ne peut se défendre de penser que l'origine des deux phénomènes est identique. Néanmoins certaines pluies d'aérolithes ont eu lieu sans avoir été précédées de l'apparition de bolides lumineux ; les pierres sont tombées quelquefois d'un ciel parfaitement pur : tel est le cas du grand aérolithe de Kleinwenden (16 septembre 1843, voir page 203). D'autres fois, au contraire, les aérolithes sont précipités sur le sol à la suite d'explosions retentis-

santes qui partent de petits nuages obscurs apparus subitement dans un ciel serein, ainsi que cela a eu lieu pour l'aérolithe de Braunau (14 juillet 1847).

Les apparitions de bolides sont toujours fortuites et elles prennent l'observateur au dépourvu. Aussi est-il très-difficile d'avoir des détails suffisamment précis sur toutes les circonstances qui pourraient servir à établir leurs dimensions réelles, leur hauteur, leur direction, leur vitesse. Les calculs qui pourraient permettre de déterminer exactement les trajectoires qu'ils parcourent, exigent impérieusement que le phénomène ait été vu de deux stations suffisamment éloignées, de manière que la parallaxe soit assez grande pour empêcher des erreurs trop considérables. Plusieurs astronomes ont pensé que les bolides pouvaient être considérés comme des satellites de notre planète, qu'ils se mouvraient autour de la Terre avec une énorme vitesse et pourraient être aperçus à plusieurs reprises. Dans ces dernières années, M. Petit, directeur de l'Observatoire de Toulouse, a cherché avec persévérance à obtenir les orbites parcourues dans cette hypothèse par les principaux bolides sur lesquels il avait pu réunir des détails d'une certaine précision. Cette étude mérite d'être poursuivie. Si l'on ne peut pas douter que plusieurs bolides soient tombés jusqu'à la surface de notre planète et aient fait désormais partie de notre globe, on ne pourrait dire qu'ils ont tous un pareil sort. Les hauteurs considérables auxquelles paraissent et disparaissent quelques-uns de ces météores sont un sujet d'étonnement lorsqu'on cherche à se rendre compte de leur inflammation subite. Si des calculs, comme ceux de

M. Petit, arrivaient à établir avec certitude la direction, la vitesse et tous les éléments de l'orbite de quelques bolides, ils auraient beaucoup fait pour l'éclaircissement de l'un des phénomènes cosmiques les plus mystérieux. Il faut, pour arriver à un tel résultat, multiplier les observations, et surtout les faire plus exactes que toutes celles qui ont été obtenues jusqu'à ce jour.

Quoi qu'il en soit, voici les hauteurs des bolides pour lesquels il a été possible d'établir des calculs approximatifs :

Dates.			Distances à la surface de la Terre au moment de l'apparition.	Distances à la surface de la Terre au moment de la disparition.
			lieues.	lieues.
21 mars	1846	(p. 271).	3	″
2 avril	1852	(p. 254).	4	″
15 août	1754	(p. 246).	6	″
14 décembre	1807	(p. 253).	7	″
13 novembre	1803	(p. 252).	9	″
23 juillet	1846	(p. 271).	11	″
19 juillet	1686	(p. 243).	12	″
5 juin	1850	(p. 272).	13	″
31 juillet	1708	(p. 243).	18	″
4 octobre	1783	(p. 249).	18	″
11 septembre	1784	(p. 249).	18	″
31 octobre	1779	(p. 249).	24	″
18 août	1783	(p. 249).	24	″
15 mai	1811	(p. 254).	31	″
24 juillet	1762	(p. 247).	35	7
9 février	1841	(p. 269).	38	″
19 août	1847	(p. 272).	54	17
6 juillet	1850	(p. 273).	64	32
4 janvier	1837	(p. 268).	68	″
31 mars	1676	(p. 242).	70	″
3 juin	1842	(p. 270).	74	5
19 mars	1718	(p. 243).	119	″
27 octobre	1844	(p. 270).	128	3
18 août	1841	(p. 269).	″	132

La plupart de ces hauteurs dépassent de beaucoup les limites assignées à notre atmosphère (liv. XX, chap. XIV, t. III, p. 191) par la considération de la durée des phénomènes crépusculaires. Il faut donc en conclure que l'incandescence subite des bolides se produit bien au delà des régions où l'on suppose aujourd'hui que les couches de l'atmosphère terrestre sont tellement raréfiées, qu'on doit y regarder comme impossible toute action de ses éléments sur la matière des globes filants.

Il ne faut pas, du reste, juger de l'étendue des bolides d'après la petite dimension des aérolithes qui ont été retrouvés à la surface de notre planète après l'explosion des météores ignés. Voici, en effet, des diamètres réels d'une grandeur hors de proportion avec celle des aérolithes. Ces diamètres ont, il est vrai, été obtenus par des calculs qui reposent sur des observations dont l'exactitude est contestable :

Dates.		Diamètres réels.	
2 avril	1852 (p. 273)...........	32	mètres.
23 juillet	1846 (p. 271)...........	98	—
6 juillet	1850 (p. 273)...........	215	—
4 janvier	1837 (p. 268)...........	2,200	—
19 mars	1718 (p. 243)...........	2,560	—
18 août	1841 (p. 269)...........	3,900	—

Existe-t-il un noyau solide dans tous les grands globes lumineux ? s'y trouve-t-il une sorte d'atmosphère inflammable et même explosive lorsque ces corps approchent de la Terre ? la vitesse avec laquelle ils se meuvent peut-elle servir à expliquer leur incandescence subite ? Ce sont là autant de questions que l'avenir seul pourra complétement résoudre. Le tableau suivant donne les vitesses

calculées des bolides dont les trajectoires ont pu être déterminées :

Dates.			Vitesses par seconde.	
19 mars	1718	(p. 243).........	2,700	mètres.
14 décembre	1807	(p. 253).........	4,500	—
31 mars	1676	(p. 242).........	5,000	—
4 janvier	1837	(p. 268).........	5,200	—
21 mars	1846	(p. 271).........	8,000	—
23 juillet	1846	(p. 271).........	8,000	—
19 mars	1718	(p. 243).........	9,000	—
6 ou 13 novembre	1803	(p. 252)...	13,000	—
4 octobre	1783	(p. 249).........	19,000	—
2 avril	1852	(p. 273).........	28,000	—
26 novembre	1758	(p. 247).........	40,000	—
5 juin	1850	(p. 272).........	44,000	—
19 août	1847	(p. 272).........	68,000	—
3 juin	1842	(p. 270).........	72,000	—
27 octobre	1844	(p. 270).........	72,000	—
6 juillet	1850	(p. 273).........	76,000	—

Nous rappellerons que la vitesse de rotation de la Terre, pour un point situé à l'équateur, est de 464 mètres par seconde, et que la vitesse de translation de notre globe le long de l'écliptique est de 30,400 mètres. On voit que plusieurs des bolides observés se transportaient dans l'espace avec une vitesse supérieure à celle qui anime les planètes. Il faut ajouter comme dernier caractère que la direction générale de leur mouvement est en sens inverse de celui de la Terre.

Alors même qu'on voudrait prendre une grande partie de la vitesse des bolides pour une illusion, pour un effet du mouvement de translation de la Terre dans son orbite, il reste encore, pour exprimer la vitesse réelle de ces phénomènes, des nombres assez grands pour qu'on puisse regarder les bolides comme animés dans l'espace d'un

mouvement tellement rapide qu'on doive admettre la possibilité de l'éternelle continuité de leur course à travers l'espace. Quoique ces masses cosmiques passent dans le voisinage de notre atmosphère, elles n'éprouvent le plus souvent d'autre effet de l'attraction du globe terrestre qu'une modification dans les excentricités de leurs orbites.

CHAPITRE VI

DES ÉTOILES FILANTES

Depuis environ un demi-siècle on s'est mis à observer avec exactitude quelques apparitions d'étoiles filantes. A mesure que les observations sont devenues plus rigoureuses et plus suivies, on a reconnu combien ces phénomènes si longtemps dédaignés, combien ces prétendus météores atmosphériques, ces soi-disant traînées de gaz hydrogène enflammé, méritent d'attention. Leur parallaxe les a déjà placés beaucoup au delà des limites sensibles de notre atmosphère ; on a reconnu que s'ils s'enflamment en approchant de notre planète, ils n'ont pas pris naissance dans les couches aériformes qui entourent notre globe, mais qu'ils viennent du dehors en suivant une direction qui semble diamétralement opposée au mouvement de translation de la Terre dans son orbite.

Les observateurs d'étoiles filantes doivent s'attacher à noter l'heure d'apparition de chaque phénomène, sa hauteur angulaire approchée au-dessus de l'horizon, et la direction de son mouvement. En rapportant ces météores aux principales étoiles des constellations qu'ils

traversent, les diverses questions que soulèvent la détermination de leurs orbites, la fréquence et la périodicité de leurs apparitions, pourront être facilement résolues.

Si plusieurs observateurs, placés dans des stations différentes et suffisamment éloignées les unes des autres, notent avec précision toutes les circonstances que nous venons d'indiquer, il est possible de trouver quelques étoiles filantes vues au même moment de deux, de trois ou d'un plus grand nombre de ces stations, et alors on obtient sans difficulté, par le calcul, la hauteur réelle du météore. Dès 1798, Brandes et Benzenberg opérèrent ainsi aux environs de Gœttingue. Cette même tentative fut renouvelée, en 1800 et 1801, en Angleterre, par John Farey et Benjamin Bevan ; en Allemagne, par Brandes, Benzenberg, Harding et Pottgiesser, entre Hambourg et Brême. En 1817, puis en 1823, Brandes, qui s'est attaché avec une persévérance digne d'éloges au perfectionnement de l'étude de cette question, s'adjoignit quelques autres associés pour observer de nouveau à Breslau, à Dresde, à Leipe, à Brieg, à Glewitz, à Berlin, à Cracovie, etc. En 1824, M. Quetelet institua en Belgique une série d'observations analogues. M. Erman fit à Berlin et à Potsdam, en 1825, avec le concours de plusieurs physiciens, une nouvelle série d'observations simultanées. Enfin, un an avant de mourir, en 1833, Brandes exécuta, avec quelques collaborateurs, une dernière campagne à Leipzig, à Weimar, à Gera et à Breslau. De l'ensemble de toutes ces observations il est résulté que certaines étoiles filantes se sont montrées à environ 200 lieues de hauteur au-dessus de la surface de la Terre,

mais que quelques-unes sont apparues à une hauteur moindre que 2 lieues ; qu'elles ont parfois parcouru jusqu'à 80 lieues avant de s'éteindre, et qu'elles se mouvaient avec des vitesses de 3 à 8 lieues par seconde.

Il n'est pas de nuits sans étoiles filantes. S'il est difficile à un observateur qui ne suit pas d'une manière continue l'apparition de ces météores, de reconnaître dans les cas ordinaires leur plus ou moins de fréquence, cependant quelquefois les étoiles filantes se montrent si nombreuses et dans tant de régions du ciel en même temps, qu'il devient presque impossible de les compter. Ce fait conduit naturellement l'astronome à admettre deux sortes d'étoiles filantes. On a appelé sporadiques celles qui tombent rares et isolées ; on pense que celles qui apparaissent par groupes ou par masses comparables à des essaims ou à des nuées de sauterelles sont périodiques.

L'histoire des sciences a pu enregistrer sans difficulté les apparitions exceptionnelles, mais il faut des observations assidues pour porter quelque lumière sur l'ensemble de ces curieux phénomènes. Les travaux persévérants entrepris depuis le commencement de ce siècle, d'abord par Brandes, Benzenberg, Olbers et Bessel, plus tard par MM. Erman, Boguslawski, Quetelet, De Feldt, Houzeau, Coulvier-Gravier, Saigey, Heis, Schmidt, etc., ont fini par mettre un certain ordre dans des météores dont l'inconstance était devenue proverbiale.

Pour permettre d'établir une comparaison entre les apparitions non exceptionnelles par leur nombre, il était nécessaire qu'on déterminât combien on peut observer communément de ces phénomènes à toute époque de

l'année. Les recherches de MM. Coulvier-Gravier, Saigey, Schmidt et Heis ont résolu cette dernière question, et c'est particulièrement aux écrits de mes amis MM. de Humboldt et Quetelet qu'on doit des notions précises sur les grandes apparitions.

On conçoit que le nombre d'étoiles filantes qu'un observateur placé dans un lieu déterminé peut apercevoir, dépend de l'état habituel ou moyen de l'atmosphère de ce lieu et varie en même temps avec la puissance de la vue de celui qui tient ses yeux fixés sur la voûte céleste.

M. Herrick, qui a fait de nombreuses observations d'étoiles filantes à New-Haven, dans le Connecticut, fixe la moyenne des étoiles, pour un temps ordinaire et pour quatre observateurs dont chacun circonscrit toute son attention sur un quart du ciel, à 30 étoiles par heure. Il a cherché à déterminer combien de personnes devront réunir leurs efforts simultanés en chaque point du globe pour être assurées de ne laisser passer aucune étoile filante sans qu'on l'ait remarquée. Le nombre lui a paru être de 9. Il a essayé aussi d'apprécier le nombre moyen d'étoiles filantes qu'on voit chaque vingt-quatre heures, en laissant de côté les averses d'août et de novembre. Suivant lui, environ trois millions de ces météores pénètrent journellement dans l'atmosphère terrestre. M. Coulvier-Gravier donne le nombre 6 pour représenter la moyenne générale horaire des étoiles filantes que peuvent voir par heure, sous le ciel de Paris, deux observateurs, ce qui fait 53,000 environ par an.

MM. Coulvier-Gravier et Saigey admettent comme

résultat de leurs observations que le nombre des étoiles filantes sporadiques varie d'une heure à l'autre et qu'il présente un maximum vers le matin ; en conséquence, ils pensent qu'on doit rapporter à minuit toutes les observations, afin de les rendre comparables. Dans le tableau suivant, on trouvera les nombres mensuels donnés par ces observateurs, ainsi que ceux qui résultent des recherches également persévérantes de M. Schmidt, de Bonn; d'après ce dernier observateur la moyenne des étoiles filantes sporadiques est de 4 à 5 par heure.

Mois.	Moyenne mensuelle du nombre horaire d'étoiles filantes pour minuit, d'après MM Coulvier-Gravier et Saigey.	Moyenne mensuelle du nombre d'étoiles filantes par heure, d'après M. Schmidt.
Janvier...........	3.6	3.4
Février...........	3.6	?
Mars.............	2.7	4.9
Avril.............	3.7	2.4
Mai..............	3.8	3.9
Juin.............	3.2	5.3
Juillet...........	7.0	4.5
Août.............	8.5	5.3
Septembre........	6.8	4.7
Octobre..........	9.1	4.5
Novembre.........	9.5	5.3
Décembre........	7.2	4.0

Il résulte en gros des chiffres précédents, malgré leur dissemblance, qu'il y a évidemment plus d'étoiles filantes lorsque la Terre se rend de l'aphélie au périhélie ou du solstice d'été au solstice d'hiver, que lorsqu'elle marche du périhélie à l'aphélie. C'est le même résultat que nous ont déjà donné les aérolithes et les bolides.

En compulsant les annales de la Chine depuis les

époques les plus reculées, Édouard Biot a fait ressortir une conclusion analogue à celle que nous venons de for-

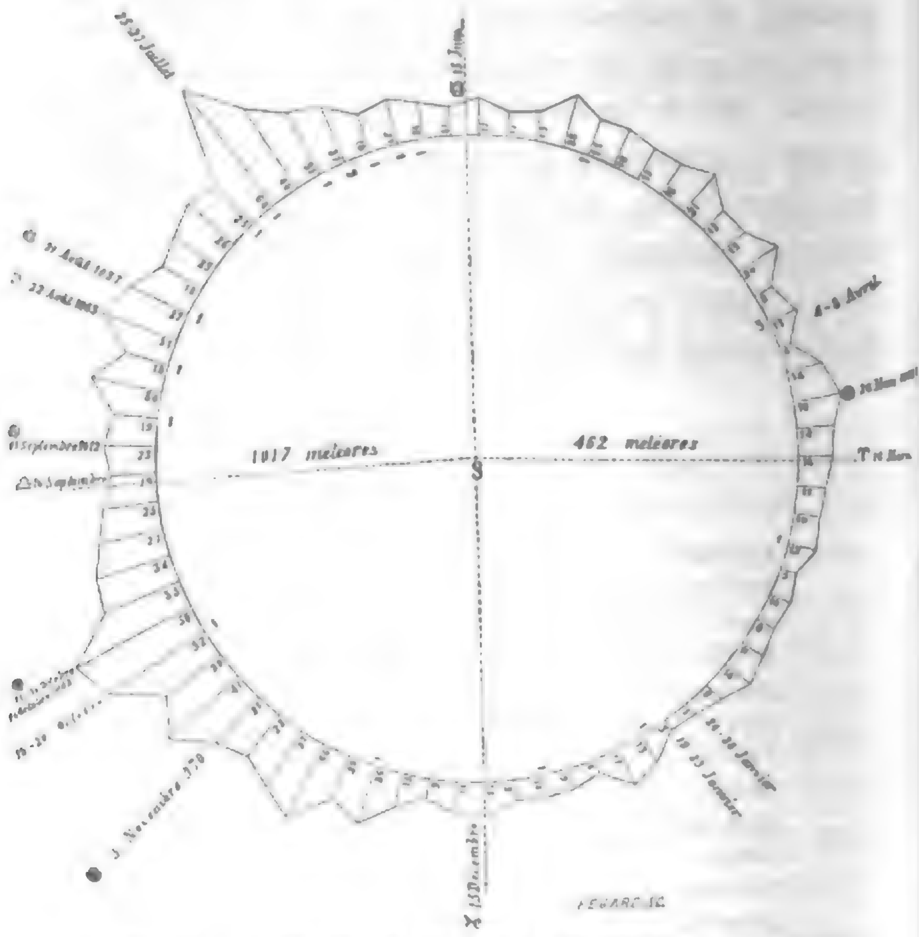


Fig. 328. — Tableau circulaire des nombres de météores observés par groupes de cinq jours entre les années 960-1275 [1].

muler. En faisant un usage très-intelligent des représentations graphiques, il a en outre rendu sensible pour

1. Les signes des équinoxes et des solstices se rapportent aux positions de la Terre. Le signe ● désigne une apparition en masse ou averse d'étoiles ; les nombres placés à l'intérieur de la circonférence indiquent les météores vus de jour.

les yeux les moins exercés l'existence de deux maxima dans l'apparition du phénomène : l'un correspond à une époque comprise entre le 18 et le 27 juillet, années juliennes; l'autre se trouve entre les 11 et 20 octobre. A la simple inspection de l'une de ces figures que nous reproduisons ici (fig. 328), et qui représente les nombres de météores observés de 960 à 1275 de notre ère, on reconnaît que du solstice d'hiver au solstice d'été on a vu en Chine beaucoup moins d'étoiles filantes ou de bolides qu'entre le solstice d'été et le solstice d'hiver. Dans la première période le nombre total s'élève à 462, et dans la seconde à 1017. Ces résultats concordent, quant aux époques des maxima et des minima, avec ce qu'on a trouvé en Allemagne, en discutant l'ensemble des observations modernes. La ressemblance s'étend jusqu'au rapport numérique des deux nombres, si l'on prend pour terme de comparaison les résultats consignés dans les précieux tableaux que M. Coulvier-Gravier a déduits de ses propres recherches, et qui, grâce au zèle infatigable de cet observateur, acquièrent chaque année plus d'intérêt.

Dans le même Mémoire d'Édouard Biot sur les observations d'étoiles filantes faites en Chine, on trouve notées des apparitions en masse. En Chine comme en Europe ces apparitions ont quelquefois manqué pendant une longue suite d'années.

Les pluies extraordinaires d'étoiles filantes enregistrées par les observateurs, se répartissent ainsi entre les différents mois de l'année, toutes les dates étant ramenées à la notation grégorienne.

Janvier.

849, le 2. « On voit des lances effrayantes vers le nord et l'orient. » (Catalogue de M. Chasles.)

1835 et 1838, le 2. Apparition extraordinaire en Suisse. (Quetelet.)

1839, le 2. Nombreuses étoiles filantes observées à Bossekop par M. Bravais, pendant son voyage au pôle nord. (Quetelet.)

1840, le 2. Grand nombre d'étoiles filantes en Belgique. (Quetelet.)

765, le 3. Apparition en Chine d'étoiles filantes en masse. (Éd. Biot.)

745, le 4. « On vit dans toute l'Angleterre des jets de feux d'un éclat inusité à cette époque, et tels qu'on n'en avait jamais vu auparavant. » (Al. Perrey, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIV.)

765, le 4. « On vit en l'air des traits de feu comme on en avait vu autrefois. » (Al. Perrey.)

1665, le 9. « Au lever de l'aurore, on vit tomber du ciel des traits de feu pendant une forte gelée. » (Quetelet.)

308, le 20. Nombreuses étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

Il semblerait, d'après ces résultats, qu'on doit chercher une période d'étoiles filantes en masse du 1er au 4 janvier.

Fevrier.

Les apparitions extraordinaires d'étoiles filantes pour février, enregistrées par les chroniqueurs, sont les suivantes :

814. Une quantité d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

836. « Des lances admirables paraissent dans le ciel, se dirigeant de l'orient vers l'occident. » (Chasles.)

839. « On voit plusieurs fois dans le ciel des lances de feu et de diverses couleurs. » (Chasles.)

36, le 6. Étoiles filantes en masse en Chine. (Éd. Biot.)

918, le 7. « Des lances de feu, de diverses couleurs, paraissent dans le ciel et courent successivement les unes sur les autres. » (Chasles.)

919, le 7. « Des lances de diverses couleurs paraissent dans le ciel pendant presque toute la nuit. » (Chasles.)

913, le 8. « Il est arrivé un grand miracle : les étoiles volaient d'une manière merveilleuse. » (Chasles.)

1106, le 19. « On voit en Italie quelques étoiles filantes *pendant le jour*, tantôt courant les unes après les autres, tantôt tombant vers la Terre. » (*Historia ecclesiastica Magdeburgensis.*)

937, le 20. « Depuis le chant du coq jusqu'au jour, des lances de sang paraissent de toutes parts dans le ciel. » (Chasles.)

838, le 21. « On voit dans l'air du feu ayant la forme d'un serpent. » (Chasles.)

Les observations modernes n'indiquent aucune période d'étoiles filantes pour février. Les anciennes averses de météores indiquées pour ce mois par les chroniqueurs manqueraient depuis huit à neuf siècles.

Mars.

En 763. « On vit les étoiles tomber subitement du ciel en masses tellement serrées, que le peuple s'effraya et crut la fin du monde prochaine. » (Al. Perrey.)

En 764, il y a eu en mars une apparition extraordinaires d'étoiles filantes, d'après les Chroniques de Labbe, Bouquet et autres.

En 927, on vit aussi « à Reims des lances de feu dans le ciel, avant le lever du jour, un dimanche. » (Chasles.)

807, le 3. « Des lances en nombre étonnant paraissent pendant la nuit. » (Chasles.)

842, le 5. « On voit dans le ciel des lances pendant la première heure de la nuit. » (Chasles.)

861, le 15. « Des lances de feu paraissent dans le ciel. » (Chasles.)

687 avant notre ère, le 16. Pluie d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

842, le 18. « Des lances effrayantes paraissent encore dans le ciel, à la seconde heure de la nuit, du côté de l'orient ; elles s'éteignent et renaissent sans intermission. Il y a une grande clarté entre l'orient et l'occident, mais ces lances remplissent surtout le nord. » (Chasles.)

1811, le 18. Nombreuses étoiles filantes remarquées en Angleterre par M. Forster. (Quetelet.)

En l'an 15 avant notre ère, le 24. Grande apparition en Chine. (Éd. Biot.)

839, le 30. « De superbes lances apparaissent le soir et remplissent le ciel. » (Chasles.)

582, le 31. « A Soissons on voit le feu dans le ciel. Une pluie de sang tombe sur Paris. » (Chasles.)

Il paraît bien, d'après ces observations, que des averses d'étoiles filantes apparaissent de temps à autre dans le mois de mars.

Avril.

Les apparitions remarquables d'étoiles filantes sont un peu plus nombreuses en avril que dans les trois mois précédents.

L'an 1093, sans date de jour. « En ce temps-là, disent les chroniqueurs, des étoiles tombèrent du ciel à l'occident. » (Chasles.)

1008, le 1er. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

840, le 2. « Des lances semblables à celles de l'année précédente paraissent pendant deux nuits. » (Chasles.)

996, le 3. « Un serpent paraît le soir dans le ciel. » (Chasles.)

1000, le 4. « On voit dans beaucoup de lieux des lances de feu. » (Chasles.)

538, le 6. « Le ciel est en feu ; du sang tombe des nues. » (Chasles.)

401, le 9. Apparition très-remarquable en Chine. (Éd. Biot.)

1094, le 10. « On a vu des étoiles tomber du ciel en si grand nombre qu'il n'était pas possible de les compter. » (Chasles et Al. Perrey.)

1095, du 10 au 12. Apparition très-considérable enregistrée par beaucoup de chroniqueurs. « On voit des étoiles tomber du ciel aussi pressées que la grêle, depuis le milieu de la nuit jusqu'à l'aurore. Pendant plusieurs nuits des étoiles paraissent tomber du ciel aussi pressées que la pluie. » On crut même au concile de Clermont que cet événement devait

être le présage de grandes révolutions dans la chrétienté. (Chasles.)

1096, le 10. « Presque toutes les étoiles courent comme la poussière emportée par le vent; » « ce fait a lieu depuis le chant du coq jusqu'à l'aurore. » (Chasles et Al. Perrey.)

1123, les 10 et 11. « Une quantité innombrable d'étoiles tombent du ciel et pleuvent de tous côtés sur la Terre. » (Chasles.)

1122, le 11. « Une pluie d'étoiles innombrables, dit la chronique du monastère du mont Cassin, paraît couvrir toute la Terre. » (Chasles.)

839, le 17. Apparition notable en Chine. (Éd. Biot.)

927, le 17. Une grande quantité d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

934, le 18. Il y eut beaucoup d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

1838, le 20. Étoiles filantes en masse observées à Knoxville, dans le Tennessee (154 météores environ entre 10 heures du soir et 4 heures du matin). (Quetelet.)

1803, le 22. En Virginie et dans le Massachusetts, depuis 1 heure du matin jusqu'à 3 heures, on vit des étoiles filantes tomber en si grand nombre dans toutes les directions, qu'on aurait cru assister à une pluie de fusées. Plusieurs de ces météores laissaient des traînées.

On voit qu'il serait intéressant de rechercher deux traînées d'astéroïdes en avril : la première du 4 au 11, la seconde du 17 au 25.

Mai.

Les apparitions d'étoiles filantes en masse signalées dans le mois de mai sont très-rares ; en outre elles remontent toutes au IXe ou au Xe siècle.

824. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

842, le 5. « On voit encore des lances dans le ciel. » (Chasles.)

954, le 12. « Plusieurs ont vu pleuvoir du sang. » (Chasles.)

839, le 12. « Pendant la nuit les étoiles courent de toutes parts les unes après les autres. » (Chasles.)

Il n'y aurait lieu de rechercher qu'une seule traînée d'astéroïdes vers le milieu du mois.

Juin.

C'est dans le mois de juin que l'on a observé le plus petit nombre d'essaims d'étoiles filantes. Voici les deux seules mentions que contiennent les auteurs :

L'an 36 de notre ère, le 24. Averse d'étoiles filantes observée en Chine. (Éd. Biot.)

1022, du 28 au 30. « Pendant trois jours du sang pleut du ciel. » (Chasles.)

Juillet.

Le phénomène des étoiles filantes en masse reprend une nouvelle intensité pendant le mois de juillet.

784, le 14. Nombreuses étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

714, le 19. Apparition notable en Chine. (Éd. Biot.)

841, le 25. Apparition d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

830, le 26. Étoiles filantes en Chine, si nombreuses qu'on ne pouvait les compter. (Éd. Biot.)

835, le 26. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

924, du 26 au 28. Quantité considérable d'étoiles filantes en Chine pendant trois jours. (Éd. Biot.)

925, le 27 et le 28. Nombreuses étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

833, le 27. Notable apparition en Chine. (Éd. Biot.)

926, le 27. Grande quantité d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

933, du 25 au 30. Averse d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

1784, les 24, 26 et 27. Étoiles filantes beaucoup plus nombreuses qu'en temps ordinaire, selon les *Éphémérides de Manheim* pour 1784. (Quetelet.)

785, le 27. « Nombreuses étoiles filantes à Prague, selon les *Éphémérides de Manheim.* » (Quetelet.)

1848, le 28. Étoiles filantes beaucoup plus nombreuses qu'en temps ordinaire observées à Aix-la-Chapelle par M. Heis. (*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, t. XVI, n° 11.)

1849, les 28 et 29. Le nombre des étoiles filantes observées à Aix-la-Chapelle par M. Heis et à Bonn par M. Schmidt, a été extraordinaire. (*Bulletin de l'Acad. de Bruxelles*, t. XVI, n° 11.)

Il n'est pas douteux, d'après les observations précédentes, qu'il n'y ait en juillet un retour périodique d'essaims d'étoiles filantes dont l'époque serait actuellement entre le 26 et le 29 juillet.

Août.

Les apparitions des essaims d'étoiles filantes dans le mois d'août sont beaucoup plus nombreuses que dans tous les mois précédents. Depuis environ trois quarts de siècle surtout, la périodicité du mois d'août s'est manifestée d'une manière remarquable. Musschenbroek avait déjà signalé ce phénomène dans son ouvrage qui a paru en 1762. M. Quetelet a rappelé avec raison, d'après le docteur Forster, que c'était une tradition chez les catholiques de l'Irlande que les nombreuses étoiles filantes du mois d'août étaient les larmes brûlantes de saint Laurent dont la fête arrive précisément le 10 août. M. Herrick (*American Journal* de Silliman) rapporte en outre que d'après une ancienne tradition répandue en Thessalie, dans les contrées montagneuses qui entourent le Pélion, le ciel s'entr'ouvre dans la nuit du 6 août, fête de la Transfiguration, et des flambeaux apparaissent à travers cette ouverture. Des observations précises des astronomes et des physiciens ont montré le juste fondement de ces tra-

ditions populaires. Voici toutes les indications que nous avons pu recueillir.

L'an 268, en août. Nombreuses étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

859, en août. « Des lances paraissent dans le ciel. » (Chasles.)

1029, en août. « Cette année, au mois de *redjeb* (août), il tomba beaucoup d'étoiles avec un grand bruit et une vive lueur. » (*Histoire du Caire*, de Soyouti ; *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. IV.)

1825. « Les registres météorologiques tenus à Gosport notent que les étoiles filantes ont été très-nombreuses au mois d'août de cette année. » (Quetelet.)

1243, le 2. Apparition d'étoiles filantes rapportée par Matthieu Pâris. (Quetelet.)

1826, le 3. « Cette nuit a été signalée par la fréquence des étoiles filantes et doit être inscrite dans le catalogue des apparitions remarquables de ces météores. » (Olbers, *Annuaire de Schumacher* pour 1838.)

865, le 5. Quantité d'étoiles filantes observées en Chine. (Éd. Biot.)

1451, le 5. Nombreuses étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

1819, le 6. Nombreuses étoiles filantes. (Kæmtz.)

1779, le 9. « Quelques heures après l'éruption du Vésuve, dit sir W. Hamilton, l'atmosphère a été remplie des météores lumineux appelés étoiles filantes, etc. » (*Phil. Trans.*, t. LXX.)

1781, le 8. Grand nombre de météores se dirigeant du nord-ouest au sud-est, observés à Boston. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. V.)

1784, 6 et 9. Étoiles filantes très-nombreuses en tous lieux et se dirigeant généralement vers l'ouest-sud-ouest. (*Éphémérides de Manheim* pour 1784.)

1789, le 10. Apparition d'étoiles filantes en masse observée après un orage, mais par un ciel redevenu serein, par Spallanzani sur le Cimone, dans les Apennins. (Quetelet.)

1798, le 9. Dans un ouvrage publié par le docteur N. Webster, à Hartford en Amérique, on lit que pendant les grandes chaleurs, qui développèrent des maladies pestilentielles, les étoiles filantes se montrèrent incroyablement nombreuses pendant plusieurs nuits vers le 9 août. Presque toutes marchaient du nord-est au sud-ouest et se succédaient si rapi-

dement que l'œil d'un spectateur curieux était presque constamment en action. (Lettre de M. Herrick, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. V.)

1799, le 9. Brandes observa à Gœttingue, dans l'espace de deux heures, une trentaine d'étoiles filantes dont la plupart se dirigeaient du nord-est au sud-ouest. (Quetelet.)

1800, le 10. Le docteur Patrin a compté dans la soirée du 10, jusqu'à une heure du matin, une trentaine d'étoiles filantes dont la direction principale était du nord-est au sud-ouest.

1806, du 10 au 11. Apparition d'un très-grand nombre d'étoiles filantes observée en Angleterre par MM. Forster et Howard. (Quetelet.)

1811, le 10. M. Forster observe en Angleterre un grand nombre d'étoiles filantes qui laissent derrière elles des traînées lumineuses. (Quetelet.)

1813, le 11. Étoiles filantes nombreuses en Angleterre et en Amérique. (Quetelet.)

1815, le 10. Apparition extraordinaire d'étoiles filantes. (Chladni.)

1820, le 9. Nombre inaccoutumé d'étoiles filantes observé à Gosport, par M. J. Farey. (*Philosophical Magazine*, t. LVII.)

1822. Dans la nuit du 9 au 10, nombre d'étoiles filantes à New-York. (Quetelet.)

1823, le 10. Apparition remarquable rapportée par Brandes. En moins de deux heures il nota avec ses associés plus de 140 étoiles filantes. (*Comptes rend. de l'Acad. des sciences*, t. V.)

1826, le 10. « Apparition peu ordinaire d'étoiles filantes dans la nuit. » (Registres d'observations météorologiques de Gosport.)

1828, le 10. « M. Forster observe un grand nombre d'étoiles filantes à la suite d'un jour de vent et de pluie. » (Quetelet.)

1831, 10 août. « Pendant un ouragan terrible qui s'étendit sur les Indes occidentales, on vit d'innombrables globes de feu tomber des nuages. » (Quetelet.)

1833, le 10. « Étoiles filantes et météores entre 10 heures et minuit dans le Worcestershire. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. V.)

1834, du 9 au 10. Un nombre extraordinaire d'étoiles filantes a été vu dans quelques parties de l'Amérique, selon M. Herrick, et en Belgique, selon M. Quetelet.

1835, les 8 et 10. « La soirée du 10 août a été remarquable à Bruxelles par un grand nombre d'étoiles filantes. Un semblable phénomène a été observé aux États-Unis le 8. » (Quetelet.)

1836, les 8, 9 et 10. Nombreuses étoiles filantes aux États-Unis, en France et en Belgique. « Un observateur exact et soigneux, dit M. Herrick, a trouvé que dans la plus grande partie de la soirée du 9 août, les étoiles filantes tombèrent à raison d'à peu près 150 par heure. » M. Walferdin a compté à Bourbonne-les-Bains, dans la nuit du 8 au 9 août, 316 étoiles filantes en une heure d'observation. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. V.)

1837, 9, 10 et 11. Des observateurs placés sur différents points des deux hémisphères, ont compté les étoiles filantes durant trois jours. A l'Observatoire de Paris, dans la nuit du 10 au 11, on a vu 107 étoiles filantes entre 11 heures un quart et minuit un quart, et 184 de minuit 37 minutes à 3 heures 36 minutes. Le plus grand nombre des étoiles filantes paraissaient se diriger vers le Taureau. A Châteauroux, dans la nuit du 9 au 10, on a vu une trentaine de météores en une demi-heure; à Chamouni, en Suisse, le 9 au soir, on a compté plus de 40 étoiles filantes dans un même espace de temps; à Genève, M. Wartmann a compté le 9 août, de 9 heures à minuit, 82 étoiles filantes dont le plus grand nombre semblaient provenir d'un foyer commun situé entre β du Bouvier et α du Dragon. Le phénomène, selon le témoignage de M. Herrick, a paru aussi très-remarquable à des observateurs placés sur divers points aux États-Unis. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. V.)

1838, du 10 au 11. « Apparition remarquable d'étoiles filantes, en Belgique, en France, en Italie, en Autriche et aux États-Unis : dans ces derniers pays on a compté jusqu'à 50 et 60 météores par heure. Leur direction générale était du nord-est au sud-ouest. » (Quetelet.)

1839, le 10. Un grand nombre d'observateurs en Europe et en Amérique ont étudié les apparitions d'étoiles filantes dès le 3. Le phénomène a paru avoir nettement son maximum dans la soirée du 10. MM. Capocci et Nobile ont compté 1,000 météores en quatre heures à Naples; M. de Sauley, 87 en un peu plus de trois quarts d'heure, à Metz; M. Colla, 819 en 6 heures 37 minutes, à Parme; M. Herrick, près de

500 en 3 heures, à New-Haven. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. IX, XI et XIII.)

1840, du 9 au 11. A l'Observatoire de Paris, M. Mauvais a compté 35 étoiles filantes en une demi-heure, dans la nuit du 9 au 10 ; le point de divergence de ces météores était entre Cassiopée et Persée. A Genève, dans la nuit du 10 au 11, en six heures un quart, M. Wartmann a compté 222 étoiles filantes, et M. Colla, à Parme, assisté de deux observateurs, en a compté 536 dans les deux nuits du 9 au 11. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XI.)

1841, du 10 au 11. Apparition de nombreuses étoiles filantes constatée en Belgique, en France, en Angleterre, en Allemagne et aux États-Unis. M. Colla, à Parme, a vu 80 météores filants dans la nuit du 9 au 10, et 283 dans la nuit suivante. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIII.)

1842, du 9 au 11. Apparition observée à Vienne, en Autriche, par M. Littrow (30 météores par heure en moyenne dans la nuit du 9 au 10 ; 129 dans celle du 10 au 11) ; à Tours, par M. Laugier (70 en 2 heures 5 minutes dans la nuit du 10 au 11) ; à Lyon, par M. Fournet, le 11 au soir (31 météores en une heure et demie). (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XV.)

1844, 9 et 11. Le 9, M. Quetelet a observé à Bruxelles 32 météores en une heure, M. Duprez, à Gand, 26, et M. Forster, à Bruges, 96 ; enfin à New-Haven, M. Herrick, aidé de cinq observateurs, en a compté 367 dans la nuit du 9 au 10, et 622 dans celle du 11 au 12. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIX.)

1845, le 9. Dans la nuit du 9 au 10, à Paris, M. Coulvier-Gravier, assisté de deux personnes, a compté 432 météores depuis 9 heures du soir jusqu'à 3 heures du matin, et à New-Haven (Amérique du nord), M. Herrick, dans la même soirée, a observé 64 météores entre 10 et 11 heures. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXI, et *Bullet. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XII, n° 9.)

1846, le 10. Le nombre horaire maximum des étoiles filantes pour minuit a été trouvé par M. Coulvier-Gravier, à Paris, de 65 et a eu lieu le 10. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLI.)

1847, du 10 au 12. A Gand, le 11, M. Duprez a vu 66 météores en 3 heures ; à Aix-la-Chapelle, M. Heis a compté le 10, 28

étoiles filantes en 35 minutes; le 11, 501 en 4 heures et demie; le 12, 203 en 3 heures. A Bruges, M. Forster évalue pour la nuit du 11 le nombre moyen des météores qu'il a vus à plus de 35 par heure. M. Coulvier-Gravier a donné le nombre 100 pour Paris à minuit. (*Bulletin de l'Acad. de Bruxelles*, t. XIV, n° 10.)

1848, du 8 au 10. A l'Observatoire de Paris M. Goujon a compté dans la nuit du 9 au 10, en deux heures d'observation, 95 étoiles filantes. M. Coulvier-Gravier donne comme nombres horaires pour minuit, 40 pour le 8, 86 pour le 9, 110 pour le 10. La direction générale des météores était du nord au sud. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXVII.)

1849, du 6 au 11. M. Coulvier-Gravier a obtenu pour minuit les nombres horaires d'étoiles filantes suivants : le 6 août, 50; le 8, 60; le 9, 107; le 10, 106; le 11, 80. A Parme, M. Colla a vu 22 météores le 10, de 9 heures 14 minutes à 10 heures 50 minutes. A Vienne, le 9, M. Mayer, de 9 heures 30 minutes à 10 heures 30 minutes, en a compté 42. A Aix-la-Chapelle, M. Heis, assisté de dix observateurs, a obtenu dans la nuit du 10, en cinq heures, un nombre total de 254 météores. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIX, et *Bull. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XVI, n° 11.)

1850, du 8 au 11. M. Coulvier-Gravier a obtenu pour minuit les nombres horaires suivants : le 8, 44 météores; le 9, 77; le 10, 84; le 11, 80. M. Wolff a compté dans le mois d'août 463 météores filants à Berne, et M. Anglès a vu à Roanne, dans la nuit du 10 au 11, une averse qu'il évalue à 400 étoiles filantes en 5 heures. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXI.)

1851, le 10. M. Coulvier-Gravier a obtenu pour minuit 67 étoiles filantes en une heure. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIII.)

1852, du 3 au 13. M. Coulvier-Gravier a obtenu pour minuit les nombres horaires d'étoiles filantes suivants : le 2, 34; le 5, 35; le 6, 46; le 10, 63; le 11, 50; le 12, 48; le 13, 43. M. de Jonquières, lieutenant de vaisseau, en rade de Cagliari, a compté pendant la nuit du 10 au 11, 70 météores environ par heure. A Gand, M. Duprez a vu pendant la même nuit 83 étoiles filantes en 3 heures. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXV, et *Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, t. XIX, n° 9.)

1824, le 12. « Depuis le 12, les petits météores dits étoiles filantes sont tombés avec une rapidité remarquable. Cette nuit ils sont nombreux et s'élancent dans l'atmosphère avec un mouvement rapide et presque toujours vers le sud-ouest. » On a encore vu de nombreux météores le 15. (Journal de M. Forster.)

1819, le 13. Apparition d'un grand nombre d'étoiles filantes dans le Massachusetts. (Quetelet.)

1818, le 14. Apparition de nombreuses étoiles filantes en Angleterre, observée par M. Forster. (Quetelet.)

1826, du 14 au 15. M. J. Graziani a observé à Rome un nombre tout à fait inusité d'étoiles filantes. (Quetelet.)

1827, du 14 au 15. Même observation de M. Graziani. (Quetelet.)

1823, le 15. « Nombreuses étoiles filantes observées à Tubingue. » (Quetelet.)

1716, le 18. Apparition d'étoiles filantes constatée dans presque toute l'Europe. (Quetelet.)

1842, le 21. « Entre 11 heures du soir et minuit on observa à Lyon un nouveau passage d'étoiles filantes. Quelques-uns de ces météores semblaient effleurer notre atmosphère et un bruit semblable à celui que produit l'ascension d'une fusée se faisait entendre pendant un instant très-court. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XV.)

1037, le 27. Quantité d'étoiles filantes observées en Chine. (Éd. Biot.)

1063, le 28. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

532, le 30. Pluie d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

Il résulte d'une manière bien remarquable des observations précédentes, que vers le 10 août la Terre rencontre actuellement chaque année un essaim d'astéroïdes pressés les uns contre les autres. Dès 1836, M. Quetelet, directeur de l'Observatoire de Bruxelles, disait que le milieu d'août est une époque où l'on doit s'attendre périodiquement à voir une grande quantité d'étoiles filantes. Ce n'est pas un des moins curieux résultats dont la science sera redevable aux laborieuses et persévérantes

recherches que M. Quetelet a faites sur ce mystérieux phénomène. Il paraît évident, ainsi que M. Coulvier-Gravier en a fait la juste observation, que le nombre des météores du 10 août s'est progressivement accru durant la première moitié de ce siècle jusque vers 1848, pour décroître dorénavant. Les nombres horaires observés pour minuit se répartissent ainsi :

Années.	Nombres observés.	Années.	Nombres observés.
1800...........	20	1845...........	95
1823...........	35	1846...........	65
1837...........	50	1847...........	100
1838...........	60	1848...........	110
1839...........	75	1849...........	106
1840...........	120	1850...........	84
1841...........	30	1851...........	67
1842...........	90	1852...........	63
1843...........	15	1853...........	56
1844...........	135		

Faut-il admettre, selon la pensée de MM. Bessel, Boguslawski, Erman, Littrow, Chasles, que l'essaim du mois d'août est animé d'un mouvement de révolution autour du Soleil qui aurait pour effet de retarder sa visibilité? Y a-t-il d'autres apparitions à rechercher pour d'autres jours du même mois? Les apparitions d'étoiles filantes en masse sont-elles soumises à des mouvements de précession lents ou rapides? Ce sont là des questions dont la solution définitive est réservée à l'avenir.

Septembre.

Les observations d'essaims d'étoiles filantes sont assez rares pendant le mois de septembre; voici celles que fournissent les catalogues :

580, en septembre. « A Tours, on voit une lueur parcourir le ciel. » (Chasles.)

859, en septembre. « Des lances paraissent dans le ciel. » (Chasles.)

868, en septembre. « Du feu parcourt l'air avec la rapidité d'une flèche. » (Chasles.)

1820, le 2. M. Forster a vu en Angleterre beaucoup d'étoiles filantes. (Quetelet.)

585, le 6. « Il parut plusieurs centaines d'étoiles coulantes qui tombèrent en se dispersant de tous côtés. » (Abel Rémusat.)

1822, le 10. « On vit des éclairs et des étoiles filantes d'une grandeur remarquable. » (Kæmtz, *Meteorologie*, t. III.)

1012, le 18. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

1451, le 19. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

945, le 20. « Un signe paraît au commencement de la nuit dans la partie septentrionale du ciel. » (Chasles.)

881, du 15 au 23. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

1840, le 21. De 7 heures à 10 heures du soir, M. Wartmann et son fils ont compté 106 étoiles filantes à Genève. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XI.)

288, le 25. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

585, le 25. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

Si l'on n'aperçoit aucune périodicité remarquable dans les apparitions des étoiles filantes en masse pour le mois de septembre, on ne peut cependant pas conclure des observations qui ont été faites, que la Terre ne rencontre pas deux fois, au commencement du mois et ensuite du 18 au 25, des courants d'astéroïdes.

Octobre.

Le mois d'octobre présente une recrudescence dans les apparitions des étoiles filantes en masse ; les catalogues donnent les observations suivantes :

859, en octobre. « Des lances paraissent dans le ciel. » (Chasles.)

933, en octobre. « Il y eut en Égypte un tremblement de terre et

les étoiles lumineuses étaient dans un mouvement violent. » (Quetelet.)

1399, en octobre. « Les étoiles, semblables à une pluie de feu, ont paru descendre sur plusieurs points de l'Italie. » (Quetelet.)

1623, le 10. Grande apparition en Chine. (Éd. Biot.)

1436, le 11. Apparition remarquable en Chine. (Éd. Biot.)

1847, nuit du 11 au 12. Observation de nombreuses étoiles filantes, à Aix-la-Chapelle, par M. Heis. (Humboldt, *Cosmos.*)

1439, le 14. Apparition remarquable en Chine. (Éd. Biot.)

1798, nuit du 14 au 15. « Brandes compta à Gœttingue un grand nombre d'étoiles filantes dans les observations simultanées qu'il fit avec Benzenberg. » (Quetelet.)

1743, le 15. « Grande apparition d'étoiles filantes, en Angleterre, entre 9 et 10 heures du soir, s'élançant du sud-ouest vers le nord-est. » (Quetelet.)

1841, le 17. Observation d'une apparition extraordinaire d'étoiles filantes par M. Heis. (Humboldt, *Cosmos.*)

1849, du 15 au 17. Chute remarquable d'étoiles filantes. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIX.)

1838, le 18. Dans la matinée, M. Malbos a vu successivement à Bérias (Ardèche), un grand nombre d'étoiles filantes se dirigeant vers l'est. (Quetelet.)

931, le 19. Selon Frodoard et Muratori, « on vit des lances de feu parcourir le ciel. » (Quetelet.)

931, le 20. Apparition remarquable en Chine. (Éd. Biot.)

934, le 19. « On voit des lances de feu parcourir le ciel. » (Chasles.)

934, le 19. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

1202, le 19. « Les étoiles jetaient des vagues au ciel vers l'est et vers l'ouest ; elles volaient comme des sauterelles dispersées de droite à gauche ; cela dura jusqu'à l'aurore. Le peuple était en détresse. » (Soyouti, *Histoire du Caire*, citée dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. IV.)

1002, le 20. Grande apparition en Chine. (Éd. Biot.)

855, le 21. Une multitude de feux, semblables à des pointes, parcourent le ciel pendant toute la nuit, et se dirigent vers l'occident. (Chasles et Al. Perrey.) Cette apparition est men-

tionnée aussi par les historiens arabes en ces termes : « Il arriva une chute d'étoiles pendant la nuit qui dura depuis le soir jusqu'à l'aurore ; il y eut en même temps des tremblements de terre dans le monde entier. » (Quetelet.)

856, le 21. « Des feux, semblables à des pointes, parcourent le ciel pendant toute la nuit. » (Chasles.)

1766, le 21 octobre. Nombreuses étoiles filantes, d'après M. Heis. (Humboldt, *Cosmos.*)

1848, du 20 au 26. Observation d'étoiles filantes en nombre inusité, d'après M. Heis. (Humboldt, *Cosmos.*)

902, le 23. « La nuit de la mort du roi Ibrahim ben Ahmed, on vit une infinité d'étoiles filantes qui se répandirent comme de la pluie à droite et à gauche. Cette année fut appelée l'année des étoiles. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. IV.)

1805, le 23. « On vit un nombre considérable d'étoiles filantes en Allemagne. » (Quetelet.)

1101, le 23. « On voit les étoiles tomber du ciel. » (Al. Perrey.)

1845, le 24. Nombreuses étoiles filantes observées par M. Heis. (Humboldt, *Cosmos.*)

585, le 26. « Pendant trois nuits des feux tombent du ciel. » (Chasles.)

1602, le 27. Apparition remarquable en Chine. (Éd. Biot.)

1366, le 30. « Pluie continue d'étoiles filantes en telle multitude que personne n'aurait pu les compter, » d'après la chronique de l'église de Prague. (Quetelet.)

Il est bien évident, d'après les observations précédentes, que vers le milieu du mois d'octobre la Terre rencontre dans son orbite un essaim remarquable d'astéroïdes.

Novembre.

Les apparitions extraordinaires d'étoiles filantes enregistrées dans les catalogues pour le mois de novembre sont très-nombreuses, et elles méritent de fixer particulièrement l'attention.

979, le 2. « Pendant toute la nuit on voit des lances de feu dans le ciel. » (Chasles.)

1533, le 3. Très-grande apparition en Chine. (Éd. Biot.)

1058, le 7. « Il pleut du sang sur Paris. » (Chasles.)

1602, le 7. Apparition en Chine. (Éd. Biot.)

1826, du 6 au 7. « On vit à Ténériffe beaucoup de bolides (étoiles filantes). » (Quetelet.)

970, le 8. Remarquable apparition en Chine. (Éd. Biot.)

1813, le 8. « Météore lumineux et beaucoup d'étoiles filantes. » (Quetelet.)

1787, du 9 au 10. De nombreuses étoiles filantes furent observées par Hemmer, dans le midi de l'Allemagne, particulièrement à Manheim. (Humboldt, *Cosmos.*)

561, après le 12. « Du feu parcourt le ciel la nuit de la mort de Clotaire. » (Chasles.)

1812, dans la première quinzaine du mois. Quantité considérable d'étoiles filantes observées par M. Fournet, en allant de Coblentz à Bonn. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. II.)

837, le 12. Apparition notable en Chine. (Éd. Biot.)

1799, le 12 novembre. Surtout depuis 2 heures jusqu'à 4 heures du matin, des milliards d'étoiles filantes sillonnèrent le ciel. Pendant plus de quatre heures, depuis l'équateur jusque vers le pôle nord, partout cet extraordinaire flux météorique a été remarqué. A Cumana, MM. de Humboldt et Bonpland virent à l'orient, sur une bande large de 60 degrés et montant jusque vers 50 degrés, comme un brillant feu d'artifice tiré à une hauteur immense ; de gros bolides ayant parfois un diamètre apparent de une fois et une fois et un quart celui de la Lune, puis des étoiles filantes en nombre infini dont la direction était régulièrement celle du nord au sud, traversaient incessamment un ciel d'une grande pureté où étaient tracées de nombreuses et longues bandes phosphorescentes. Le même phénomène fut aperçu au Brésil, au Labrador, en Allemagne près de Weimar, et au Groenland jusque par 64° 14′ de latitude septentrionale ; il fut aussi observé à la Guyane française par M. de Marbois, et au canal de Bahama par M. Ellicot.

1818, nuit du 12 au 13. Pluie considérable d'étoiles filantes. (Humboldt, *Cosmos.*)

1820, le 12. « A la suite d'un violent orage, on observa en Russie beaucoup d'étoiles filantes. » (Kæmtz, *Meteorologie.*)

1822, le 12. « Le soir un grand nombre d'étoiles filantes entremêlées de bolides, vues à Potsdam, par Klæden, et à Taucha, près de Leipzig. » (Kæmtz.)

1823, nuit du 12 au 13. Pluie considérable d'étoiles filantes. (Humboldt, *Cosmos.*)

1828, nuit du 11 au 12. Pendant cette nuit M. de Bruyas aperçut à Saint-Marcellin (Isère) un bolide et des étoiles filantes en nombre inusité. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. III.)

1831, le 13. Apparition d'un grand nombre d'étoiles filantes vue à Bruneck, dans le Tyrol, ainsi qu'en Amérique. M. Bérard, commandant du navire *le Loiret*, en station près de Carthagène (côtes d'Espagne), vit le 13, à quatre heures du matin, un nombre considérable d'étoiles filantes et de météores de grande dimension. Pendant plus de trois heures, il s'en est montré, terme moyen, 2 par minute. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. I.)

1832, les 11, 12 et 13. Apparition très-remarquable vue dans toute l'Europe, en Arabie et aux États-Unis. Elle a été observée particulièrement à Dusseldorf par M. Custodis, qui dans la nuit du 12 au 13, de 4 à 7 heures du matin, compta 267 étoiles filantes ; à l'île Maurice, dans la nuit du 12, par M. L. Robert, en nombre tel qu'il était impossible de compter les météores; à Limoges où, dans la nuit du 11 au 12, le phénomène eut une telle intensité que des ouvriers furent saisis d'épouvante et prirent la fuite; enfin, sur la route de Bayeux à Caen par M. Le Verrier. « C'est dans la partie orientale du ciel, dit cet astronome, que se montrait le phénomène ; les étoiles filantes se succédaient sans interruption et en si grand nombre que pour compter celles qu'on apercevait en même temps, en supposant qu'elles eussent été fixes, il eût fallu plusieurs heures. » Les météores avaient une teinte bleuâtre et se mouvaient généralement du nord-est au sud-ouest. La direction de leur mouvement formait avec l'horizon un angle d'environ 30 degrés. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. II, V et IX.)

1833, nuit du 12 au 13. On aperçut, en Amérique, une succession de météores lumineux, semblables à des fusées, et qui rayonnaient d'un point unique pour se porter dans toutes les di-

rections. Ces météores faisaient ordinairement explosion avant de disparaître. Ils laissaient, dans leur marche, des traînées phosphorescentes rectilignes, lesquelles, dans quelques cas, devenaient sinueuses comme un serpent. Plusieurs d'entre eux parurent aussi brillants que Jupiter et que Vénus. Un peu avant 6 heures du matin, le point de radiation ou de divergence était à l'ouest de γ du Lion, non loin de Régulus. Pendant l'heure suivante, le point en question resta stationnaire dans la même partie du Lion, quoiqu'en une heure la constellation se fût déplacée vers l'ouest d'environ 15°. (Ces détails sont tirés d'une lettre de M. le professeur Olmsted of yale College, datée du 13 novembre 1833.) D'après une autre relation, le phénomène se voyait déjà avant minuit; la date serait donc le 12 novembre 1833. Cette apparition a été également observée à Frederikshaab, dans le Groenland, par M. Müller, et à Gothaab, par M. Kauffelot. On aperçut les météores le long de la côte orientale de l'Amérique, depuis le golfe du Mexique jusqu'à Halifax, de 9 heures du soir au lever du soleil, et même dans quelques endroits en plein jour, à 8 heures du matin. Les étoiles étaient si nombreuses, elles se montraient dans tant de régions du ciel à la fois, qu'en essayant de les compter on ne pouvait guère espérer d'arriver qu'à de grossières approximations. L'observateur de Boston les assimilait, au moment du maximum, à la moitié du nombre de flocons qu'on aperçoit dans l'air pendant une averse ordinaire de neige. Lorsque le phénomène se fut considérablement affaibli, il compta 650 étoiles en 15 minutes, quoiqu'il circonscrivît ses remarques à une zone qui n'était pas le dixième de l'horizon visible. Ce nombre, suivant lui, n'était que les deux tiers du total; ainsi, il aurait dû trouver 866, et pour tout l'hémisphère visible, 8,660. Ce dernier chiffre donnerait 34,640 étoiles. Or, le phénomène dura plus de 7 heures; donc, le nombre de celles qui se montrèrent à Boston dépasse 240,000; car, on ne doit pas l'oublier, les bases de ce calcul furent recueillies à une époque où le phénomène était déjà notablement dans son déclin.

1834, nuit du 13 au 14. « Beaucoup d'étoiles filantes et de bolides dans l'Amérique du nord. » On remarque encore un point de rayonnement dans la constellation du Lion. (Quetelet.)

1835, le 13. « Apparition de beaucoup d'étoiles filantes et de bolides dans l'Amérique du nord. » (Quetelet.)

1836, les 12, 13, 14. A Paris, les astronomes de l'Observatoire (MM. Bouvard, Laugier, Mauvais, Plantamour) comptèrent, dans la nuit du 12 au 13, 170 météores, de 6 heures 45 minutes du soir à 6 heures 35 minutes du matin; à Bercy, M. Méret vit, le 12, de minuit à 6 heures du matin 120 étoiles filantes, dont 57 venaient du Lion; dans le département de l'Ain, M. Millet d'Aubenton compta dans la même nuit 75 météores; à Strasbourg, M. Fargeau en vit 85, de 10 heures 45 minutes à 2 heures 37 minutes du matin; à Dieppe, M. Nell de Bréauté estima que les météores étaient vingt fois plus nombreux que dans les nuits ordinaires; à Breslau, dans la nuit du 12 au 13, de 3 à 6 heures du matin, M. Bogulawski compta 146 étoiles filantes, et dans celle du 14 au 15, 142 en 12 heures; aux États-Unis, M. Herrick compta à peu près 150 météores par heure; enfin, au cap de Bonne-Espérance, M. Herschel nota le même phénomène. Les météores partaient en général d'un point de la constellation du Lion et se dirigeaient vers la grande Ourse. (*Comptes rend. de l'Acad. des sciences*, t. III et V.)

1837, le 13. M. Quetelet accuse un nombre assez remarquable d'étoiles filantes en Belgique, ainsi qu'en Amérique. Les météores partaient encore d'un point de la tête du Lion. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. V.)

1838, nuit du 13 au 14. Nombre considérable d'étoiles filantes observées à Vienne (Autriche), par M. Littrow, en Angleterre et en Amérique. Cette apparition a été accompagnée d'une aurore boréale vue au cap de Bonne-Espérance par sir John Herschel. (Quetelet.)

1841, nuit du 12 au 13. Pluie considérable d'étoiles filantes. (De Humboldt, *Cosmos*.)

1842, du 10 au 14. Dans la nuit du 10 au 11, M. Marcel de Serres a vu à Montpellier 25 météores par heure dans un tiers du ciel seulement; M. Colla, à Parme, 54 dans la nuit du 11 au 12, et M. Gaudin, à Paris, compta 20 météores par minute dans celle du 13 au 14. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XV et XVI.)

1846, nuit du 12 au 13. Apparition notée comme certaine par M. de Humboldt dans son *Cosmos*.

1847, nuit du 12 au 13. Très-nombreuses étoiles filantes observées à Bénarès, dans l'Hindoustan. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXVII.)



1849, 12 et 13. D'après une communication de M. de Humboldt, M. Boguslawski, assisté d'un grand nombre d'étudiants, compta à Breslau, le 12, de 10 heures et demie à minuit et demi, 88 météores, et le 13, dans le même espace de temps, 69. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXIX.)

1837, du 14 au 17. Dans la nuit du 14 au 15, M. de Nervaux a observé dans le département de Saône-et-Loire 39 de ces météores en une demi-heure; et dans la nuit du 15 au 16, M. Danse a compté à Paris 17 étoiles filantes en 1 minute.

1832, le 15. Étoiles filantes, en nombre considérable, vues par M. Addison, dans le comté de Worcester, en Angleterre. (Coulvier-Gravier.)

899, le 18. « En Égypte, dit un historien arabe, les étoiles s'agitèrent d'une manière extraordinaire en se mouvant de l'est à l'ouest et du nord au sud, de façon qu'aucun mortel ne pouvait jeter les yeux sur le ciel. » (Quetelet.)

1818, le 19. « On observa beaucoup d'étoiles filantes à Gosport. » (Quetelet.)

1822, le 25. « Le duc de Wurtemberg vit, vers 10 heures du soir, une quantité considérable d'étoiles filantes se dirigeant du sud au sud-ouest. » (Quetelet.)

930, le 29. Averse remarquable d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

901, le 30. « L'hémisphère entier était plein de météores qu'on nomme étoiles filantes, depuis minuit jusqu'au matin; la surprise des spectateurs de ce phénomène fut considérable en Égypte. » (Quetelet.)

On voit que les flux météoriques de novembre se sont reproduits d'une manière remarquable du 11 au 13. Ce retour périodique à jour fixe pendant plusieurs années a cessé, et maintenant on ne compte pas plus d'étoiles filantes à cette époque que dans les nuits ordinaires.

Décembre.

Les averses d'étoiles filantes consignées dans les catalogues sont moins nombreuses en décembre qu'en no-

vembre ; elles présentent cependant une périodicité digne de fixer l'attention des observateurs.

586, en décembre. « Une lueur paraît dans le ciel comme un serpent. » (Chasles.)

786, en décembre. « Des lances effrayantes, telles qu'on n'en avait jamais vu, paraissent dans le ciel. On a dit avoir vu pleuvoir du sang. » (Chasles.)

940, en décembre. « Dans la nuit d'un dimanche on voit dans le ciel des lances de diverses couleurs. » (Chasles.)

1002, en décembre. « Vers le coucher du soleil un serpent parcourt les airs et l'on voit des lances de feu dans le ciel. » (Chasles.)

883, vers le commencement de décembre. Pluie d'étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

848, le 1er. « On voit des lances dans le ciel au milieu de la nuit. » (Chasles.)

1576, le 5. Étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

1741, le 5. Beaucoup d'étoiles filantes observées par Krafft à Saint-Pétersbourg, d'après Musschenbroek. (Quetelet.)

1798, le 7. Brandes a compté à Brême 480 étoiles filantes dans la seule nuit du 6 au 7. Au commencement de la nuit il y en avait plus de 100 par heure, et cela dura plus de trois heures dans une étendue qui était loin de former la cinquième partie du ciel. (Quetelet.)

1830, le 7. Averse extraordinaire d'étoiles filantes, annoncée par M. l'abbé Raillard, curé de Verceilles, près de Langres. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. VIII.)

1838, du 6 au 8. M. Flaugergues, à Toulon, a vu le 6, de 8 heures 55 minutes à 9 heures 15 minutes du soir, 42 étoiles filantes qui s'échappaient d'un point situé vers le zénith ; M. Colla a observé cette apparition le 7 à Parme; M. Quetelet, à Bruxelles, dans la soirée du 8 ; à New-Haven, aux États-Unis, M. Herrick a compté, le 7, de 8 à 10 heures du soir, 164 météores. Les trois quarts d'entre eux semblaient s'échapper d'un point situé près de la Chaise de Cassiopée. (Quetelet.)

1847, le 8 et le 10. M. Heis a observé des averses d'étoiles filantes. (De Humboldt, *Cosmos*.)

1833, du 11 au 15. Dans la nuit du 11 au 12, M. Colla vit à Parme une grande quantité d'étoiles filantes de différentes grandeurs qui se dirigeaient presque toutes vers le sud-sud-est. Cet astronome signale encore l'abondance des météores dans la nuit du 14 au 15. (Quetelet.)

1830, du 12 au 13. « On compta près d'Heiligenstadt, dans un court espace de temps, environ 40 bolides (étoiles filantes) qui se dirigeaient vers le sud-est. » (Quetelet.)

599, le 29. Nombreuses étoiles filantes en Chine. (Éd. Biot.)

930, le 30. « Une vive lumière traverse le ciel du nord-est au midi. » (Chasles.)

848, le 31. « On voit des lances de feu effrayantes vers le nord et l'orient. » (Chasles.)

C'est surtout du 5 au 15 décembre que l'on doit rechercher, d'après ces observations, les flux périodiques des étoiles filantes en masse de décembre.

Si l'on compte pour chaque mois les apparitions d'essaims d'étoiles filantes, on arrive aux chiffres suivants :

Janvier	10	55
Février	10	
Mars	12	
Avril	17	
Mai	4	
Juin	2	
Juillet	14	163
Août	56	
Septembre	13	
Octobre	29	
Novembre	37	
Décembre	17	

Il est remarquable de voir que, comme pour les chutes d'aérolithes, pour les apparitions de bolides et pour celles des étoiles sporadiques, les étoiles filantes en masse sont beaucoup plus nombreuses de juillet à décembre que de

janvier à juin ; la Terre rencontre donc un plus grand nombre de météores cosmiques quand elle se rend de l'aphélie au périhélie qu'en marchant du périhélie à l'aphélie.

CHAPITRE VII

NOTIONS HISTORIQUES SUR L'EXPLICATION DES MÉTÉORES COSMIQUES

Dans la vie de Lysander, Plutarque s'exprime ainsi : « Quelques philosophes pensent que les étoiles filantes ne proviennent pas de parties détachées de l'éther qui viendraient s'éteindre dans l'air aussitôt après s'être enflammées ; elles ne naissent pas davantage de la combustion de l'air qui se dissout, en grande quantité, dans les régions supérieures ; ce sont plutôt des *corps célestes qui tombent*, c'est-à-dire qui, soustraits d'une certaine manière à la force de rotation générale, sont précipités ensuite irrégulièrement, non-seulement sur les régions habitées de la Terre, mais aussi dans la grande mer, d'où vient qu'on ne les retrouve pas. »

Ces aperçus sont bien voisins des idées que l'on accepte généralement aujourd'hui sur l'origine des météores cosmiques. Dans cet autre passage de Diogène d'Apollonie, on retrouve d'une manière encore plus nette l'opinion des modernes sur la circulation de ces météores dans l'espace avant qu'ils deviennent visibles en s'enflammant ou en tombant sur notre planète. « Parmi les étoiles visibles, dit le philosophe d'Apollonie, se meuvent aussi des étoiles invisibles auxquelles, par conséquent, on n'a pu

donner de nom. Celles-ci tombent souvent sur la terre et s'éteignent, comme cette *étoile de pierre*, qui tomba tout en feu près d'Ægos Potamos. » A ces idées exactes se joignirent sans doute des hypothèses erronées qui provenaient surtout de cet esprit de système qui assigna pendant tant de siècles une origine terrestre à tous les phénomènes, et qui voulait que l'on considérât notre globe comme corps central de l'univers, d'où tout venait et auquel tout se rapportait.

L'explication de l'inflammation des météores cosmiques qui consiste à admettre une combinaison de leur matière avec celle de notre atmosphère, à la suite d'une élévation de température causée par la résistance de l'air et l'énorme vitesse dont sont animés les étoiles filantes et les bolides, a trouvé une objection dans la grande hauteur à laquelle beaucoup de ces phénomènes se manifestent. Mais il n'est pas difficile de tourner cette difficulté et de trouver des raisons pour expliquer comment les matières ignées peuvent s'enflammer bien au delà des dernières couches de l'enveloppe gazeuse de notre planète. Poisson, dans ses *Recherches sur la probabilité des jugements*, s'exprime ainsi à cet égard :

« A une distance de la Terre où la densité de l'atmosphère est tout à fait insensible, il serait difficile d'attribuer, comme on le fait, l'incandescence des aérolithes à un frottement contre les molécules de l'air. Ne pourrait-on pas supposer que le fluide électrique, à l'état neutre, forme une sorte d'atmosphère qui s'étend beaucoup au delà de la masse d'air, qui est soumise à l'attraction de la Terre, quoique physiquement impondérable, et qui

suit, en conséquence, notre globe dans ses mouvements ? Dans cette hypothèse, les corps dont il s'agit, en entrant dans cette atmosphère impondérable, décomposeraient le fluide neutre, par leur action inégale sur les deux électricités, et ce serait en s'électrisant qu'ils s'échaufferaient et deviendraient incandescents. »

Les phénomènes que présentent les météores cosmiques n'étant pas constants, il est d'ailleurs naturel d'admettre que plusieurs causes peuvent concourir à leur manifestation. Dans une lettre à M. Quetelet, M. Schmidt, directeur à l'Observatoire de Bilk, près de Dusseldorf, a fait avec raison remarquer « que dans les météores les transitions de la couleur du blanc le plus éclatant au jaune, au rouge jaunâtre, au vert et au gris nébuleux, ainsi que la différence de couleur entre la queue et le corps proprement dit de l'étoile filante, trahissent une différence chimique individuelle, de sorte que toutes les étoiles filantes ne doivent pas être regardées comme ayant la même constitution. »

Les appendices et les queues, ajoute le même astronome, ne sont pas moins dignes d'attention ; car, chose étonnante, ces dernières sont tantôt parfaitement droites avec des bords parallèles, tantôt plus larges et plus brillantes vers le milieu ; tantôt elles se montrent le plus larges et le plus éclatantes à l'endroit où le météore s'éteint. Le décroissement plus rapide de lumière qui a lieu quelquefois dans le milieu des traînées, semble confirmer en général ce qu'on a déjà supposé plusieurs fois, c'est-à-dire que les queues ont la figure d'un cylindre ou d'un cône creux.

Un grand nombre de physiciens et d'astronomes ont supposé qu'il y avait une certaine liaison entre les grandes apparitions de météores cosmiques et les aurores boréales ; mais la concordance des deux phénomènes a été trop rarement observée d'une manière certaine pour qu'on doive admettre le fait comme démontré jusqu'à présent.

Nous avons dit que c'est dans une direction diamétralement opposée au mouvement de translation de la Terre dans son orbite qu'apparaissent ordinairement les grandes averses d'étoiles filantes. Cette observation conduit à admettre qu'en prolongeant une tangente à l'orbite terrestre au point où la Terre se trouve à chaque instant, on doit rencontrer sur la voûte étoilée la constellation d'où les étoiles semblent diverger. Il y a quelquefois plusieurs points de départ qui ne sont pas toujours situés dans la même constellation, et il faut en conclure que les essaims de météores forment des anneaux distincts autour du Soleil. « Pour la période d'août, dit mon illustre ami Alexandre de Humboldt, M. Heis a trouvé, outre le centre principal d'Algol, dans la constellation de Persée, deux autres centres dans le Dragon et dans le pôle Nord. » M. Heis a opéré de la manière suivante :

« Afin, dit-il, d'obtenir des résultats exacts sur les points d'où rayonnaient les trajectoires des étoiles filantes, durant la période de novembre, pour les années 1839, 1841, 1846 et 1847, j'ai tracé sur un globe céleste de 80 centimètres les trajectoires moyennes appartenant à chacun des quatre points : Persée, le Lion, Cassiopée et la tête du Dragon, et j'ai marqué chaque

fois la situation du point d'où partait le plus grand nombre de trajectoires. De cet examen il est résulté que, sur 407 étoiles filantes, 171 vinrent d'un point de Persée, voisin de l'étoile η, dans la tête de Méduse ; que 83 partirent du Lion, 35 de la partie de Cassiopée voisine de l'étoile variable α, 40 de la tête du Dragon, et 78 de points indéterminés. Ainsi, le nombre des étoiles filantes rayonnant de Persée était plus que double du nombre de celles qui avaient leur point de convergence dans la constellation du Lion. »

Les observations modernes que l'on a si fort multipliées depuis que nous avons appelé avec insistance, M. de Humboldt et moi, l'attention sur l'importance du phénomène, tendent à démontrer, du reste, que les deux directions que donnent les lignes qui joignent la Terre aux constellations de Persée et du Lion jouent toujours un grand rôle dans la production des étoiles filantes. M. de Humboldt cite à ce sujet l'extrait suivant d'une lettre remarquable que lui a écrite M. Schmidt, de l'Observatoire de Bonn :

« Si l'on met à part les grands flux d'étoiles filantes qui se sont produits au mois de novembre des années 1833 et 1834, ainsi que quelques autres du même genre, dans lesquels la constellation du Lion envoyait de véritables essaims de météores, je suis aujourd'hui disposé à considérer le point de convergence placé dans Persée comme celui qui fournit, non-seulement au mois d'août, mais durant toute l'année, le plus grand nombre de météores. En prenant pour base de nos calculs les résultats de 478 observations de Heis, je trouve que ce point est

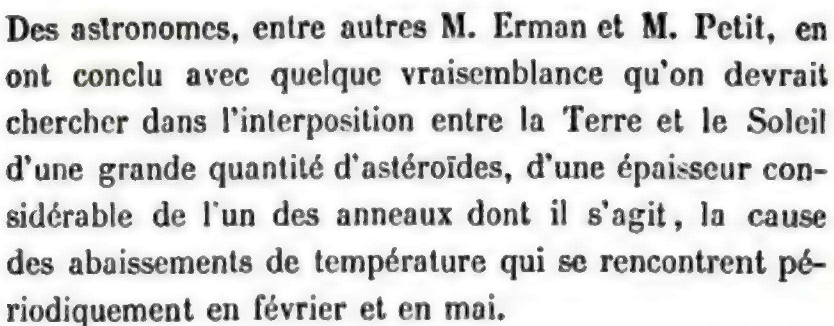
situé par 50°.3 d'ascension droite et 51°.5 de déclinaison. Ceci s'applique aux années 1844, 1845, 1846. Au mois de novembre 1849, du 7 au 14, j'ai vu 200 étoiles filantes environ de plus que je n'en avais remarqué à la même époque depuis 1841. Parmi ces étoiles, quelques-unes seulement venaient du Lion ; le plus grand nombre de beaucoup appartenaient à la constellation de Persée. Il en résulte, à ce qu'il me semble, que le brillant phénomène qui se produisit au mois de novembre des années 1799 et 1833 n'a pas reparu depuis. Olbers soupçonnait aussi que ces grandes apparitions ne devaient revenir qu'après une période de 34 ans. Si l'on veut considérer les apparitions périodiques de ces météores et les complications de leurs trajectoires, on peut dire que certains points de rayonnement sont toujours les mêmes, mais qu'il en existe aussi d'autres qui sont variables et sporadiques. »

Les mouvements apparents des étoiles filantes sont quelquefois directs, quelquefois rétrogrades, c'est-à-dire qu'au lieu de paraître provenir du Lion, les étoiles filantes semblent quelquefois être dirigées vers cette constellation. M. Valz a appelé avec raison l'attention sur cette particularité du phénomène qu'on ne peut expliquer qu'en admettant que le mouvement direct absolu des anneaux d'astéroïdes qui entourent au loin le Soleil est tantôt un peu plus lent, tantôt un peu plus rapide que celui de la Terre.

Les divers anneaux d'astéroïdes qui entourent le Soleil peuvent avoir des constitutions très-diverses et présenter des amas très-inégalement pressés. Mais dans tous les

cas, quoique ces corps ne deviennent en général visibles pour nous qu'en approchant de notre planète, ils doivent cependant se projeter sur l'astre radieux. Or, le disque du Soleil s'obscurcit parfois momentanément, et sa lumière s'affaiblit à tel point qu'on voit les étoiles en plein midi. M. de Humboldt rappelle avec raison « qu'un phénomène de ce genre, qui ne peut s'expliquer ni par des brouillards, ni par des cendres volcaniques, eut lieu en 1547, vers l'époque de la fatale bataille de Mülhberg, et dura trois jours. Kepler, ajoute mon illustre ami, voulut en chercher la cause d'abord dans l'interposition d'une *materia cometica*, puis dans un nuage noir que des émanations fuligineuses, sorties du corps même du Soleil, auraient contribué à former. Chladni et Schnurrer attribuaient au passage de masses météoriques devant le disque du Soleil les phénomènes analogues des années 1090 et 1208, qui durèrent moins longtemps, le premier pendant trois heures, le second pendant six heures seulement. »

Messier rapporte que le 17 juin 1777, vers midi, il vit passer sur le Soleil, pendant cinq minutes, un nombre prodigieux de globules noirs. Ces globules ne faisaient-ils pas partie de l'un des anneaux d'astéroïdes dont toutes les observations des météores cosmiques tendent à faire admettre l'existence? Deux autres obscurcissements du Soleil, celui du commencement de février 1106 et celui du 12 mai 1706, pendant lequel, vers 10 heures du matin, la nuit devint telle que les chauves-souris se mirent à voler et qu'on fut obligé d'allumer des chandelles, ne paraissent pas pouvoir s'expliquer autrement.



Des astronomes, entre autres M. Erman et M. Petit, en ont conclu avec quelque vraisemblance qu'on devrait chercher dans l'interposition entre la Terre et le Soleil d'une grande quantité d'astéroïdes, d'une épaisseur considérable de l'un des anneaux dont il s'agit, la cause des abaissements de température qui se rencontrent périodiquement en février et en mai.

Voilà que des corps dont l'existence ne nous était révélée que par des phénomènes d'incandescence dans le voisinage de notre planète, nous apparaissent par l'obscurcissement de l'astre radieux, foyer de toutes les orbites des corps planétaires. Mais si ces corps forment des anneaux d'une certaine densité, comment ne nous deviennent-ils pas visibles, au moins dans leur ensemble, en réfléchissant la lumière du Soleil ? Dominique Cassini, en étudiant la lumière zodiacale (liv. xv, t. ii, p. 183 à 197), a été conduit à admettre l'existence d'une immense nébuleuse, répandue circulairement autour du Soleil, à une grande distance, à peu près suivant le plan de l'équateur de l'astre radieux. Ce seraient les corps de cette nébuleuse rencontrés par notre globe dans son mouvement de circulation autour du Soleil, qui donneraient naissance à tous les météores cosmiques étudiés dans ce livre. Ainsi, les divers phénomènes de la voûte étoilée et de la météorologie, lors même qu'ils paraissent déjouer par leur inconstance toute la perspicacité des hommes, finissent, à la suite d'une étude approfondie, par se rattacher les uns aux autres dans une sublime coordination.

LIVRE XXVII

JUPITER

CHAPITRE PREMIER

ASPECT DE JUPITER — SON MOUVEMENT PAR RAPPORT AU SOLEIL

Jupiter est représenté par le signe ♃ dans lequel les uns ont cru voir la première lettre barrée du nom grec de cette planète (Ζεύς), et d'autres une image des zigzags de la foudre. Le nom que les Égyptiens donnaient à cette planète correspondait au mot *éclatant;* ils la nommaient aussi Osiris. Les Grecs rappelaient son éclat en la désignant quelquefois sous le nom de Φαέθων. La dénomination indienne de Jupiter était, d'après Bopp, Vrihaspati, ou plus anciennement, selon l'orthographe des Védas adoptée par Lassen, Brihaspati, Seigneur de la croissance; ce nom, qui était celui d'une divinité védique, est formé de vrih (brih), *croître*, et pati, *maître.*

La scintillation de Jupiter, si tant est qu'elle existe, n'a été remarquée que dans des circonstances très-exceptionnelles.

La distance angulaire de Jupiter au Soleil, comptée à partir de la Terre, de l'occident à l'orient, va toujours

en augmentant depuis 0 jusqu'à 360°. Lorsque cette distance est 0, la planète est dite *en conjonction*, elle passe au méridien en même temps que le Soleil ; son passage au méridien a lieu à minuit, quand la distance angulaire des deux astres a atteint une valeur égale à 180°. On dit alors que Jupiter est *en opposition.*

Jupiter est en quadrature lorsque sa distance angulaire au Soleil a pour valeur 90° et 270°. A cette époque, il passe au méridien à 6 heures du matin et à 6 heures du soir. Cette régularité dans le mouvement apparent de Jupiter cesse d'exister quand on compare l'astre aux étoiles fixes.

Au moment où l'on voit la planète le matin à l'horizon, peu de temps avant le lever du Soleil, son mouvement, rapporté aux étoiles, paraît direct, ou dirigé de l'occident à l'orient, et sa valeur est à son maximum. La vitesse du mouvement journalier va en diminuant jusqu'à l'époque où l'astre est éloigné du Soleil d'environ 115°. Ce jour et les jours suivants, la planète semble stationnaire, en sorte que, si ce n'était son éclat, on pourrait la confondre avec une étoile proprement dite. Jupiter prend ensuite sa course apparente à travers les constellations de l'orient à l'occident. Ce mouvement rétrograde atteint son maximum de vitesse le jour de l'opposition. Il se ralentit plus tard pour offrir un second moment de repos ou une seconde station, lorsque sa distance angulaire au Soleil est devenue, de nouveau, d'environ 115°.

Après un certain nombre de jours d'immobilité, la planète se remet en marche, d'abord lentement, puis avec plus de rapidité, mais toujours de l'occident à l'orient,

jusqu'à la conjonction. L'arc de la rétrogradation est d'environ 10°. Le temps que Jupiter emploie à parcourir cet arc s'élève à 121 jours. Mais ces deux nombres varient sensiblement suivant la position de la planète dans son orbite.

Le mouvement de Jupiter ne s'effectue pas dans le plan de l'écliptique; cet astre en est quelquefois éloigné de 1° 19′.

Le temps que Jupiter emploie à revenir aux mêmes étoiles, ou la durée de la révolution sidérale, est de 4,332 jours et 58 centièmes de jour, ou 11 ans 10 mois 17ʲ.6.

Le temps de la révolution synodique, ou de son retour à la même position relativement au Soleil, est de 399 jours ou 1 an 34 jours ; 278 jours sont employés au mouvement direct et 121 au mouvement rétrograde.

L'inclinaison de l'orbite de Jupiter sur le plan de l'écliptique est de 1° 18′ 52″. L'inclinaison de cette orbite sur l'équateur terrestre est de 23° 18′ 28″.

La distance moyenne de la planète au Soleil est de 5.203, la distance moyenne du Soleil à la Terre étant 1. La distance du périhélie est de 4.953, et celle de l'aphélie, de 5.453.

L'excentricité est égale à 0.048. La longitude du périhélie est de 11° 7′ 38″ ; celle du nœud ascendant, de 98° 25′ 45″ ; la longitude moyenne de l'époque (1ᵉʳ janvier 1800) est de 81° 54′ 49″.

Ces éléments de l'orbite de Jupiter sont empruntés aux tables de M. Bouvard.

Les quantités de chaleur et de lumière envoyées par

le Soleil à la Terre étant 1, les quantités envoyées à la surface de Jupiter sont 0.037.

Jupiter n'a pas de phases sensibles même en quadratures; on verra dans le chapitre VIII (p. 347) des observations d'un autre genre nous démontrer que la planète n'est pas lumineuse par elle-même et qu'elle emprunte au Soleil l'éclat dont elle brille.

Jupiter est si brillant que divers observateurs ont cru remarquer par un ciel très-pur et dans le moment du plus grand éclat de la planète, que sa lumière projetait une ombre sensible derrière un corps opaque.

CHAPITRE II

GRANDEUR DE JUPITER

Le diamètre angulaire de Jupiter est très-sensible et variable; ses plus grandes valeurs ont lieu les jours de l'opposition; ses valeurs minima s'observent les jours de la conjonction. Ces variations dans la grandeur apparente de son disque démontrent que la planète n'est pas toujours également éloignée de la Terre. A la distance moyenne de Jupiter à la Terre, son plus grand diamètre (on verra dans le chapitre IV la cause de cette restriction) s'élève à 38″.4; cette valeur oscille entre les limites 30″ et 46″; il suit de là que le diamètre réel de Jupiter est représenté par 11.2, celui de la Terre étant pris pour unité.

Le volume de Jupiter supposé sphérique serait donc 1,414 fois plus considérable que celui de la Terre.

La figure 329 donne les rapports des grandeurs apparentes du disque de Jupiter à la plus grande distance à la Terre en A, à la plus petite distance en C et à la distance moyenne en B ; cette figure est réduite à la même

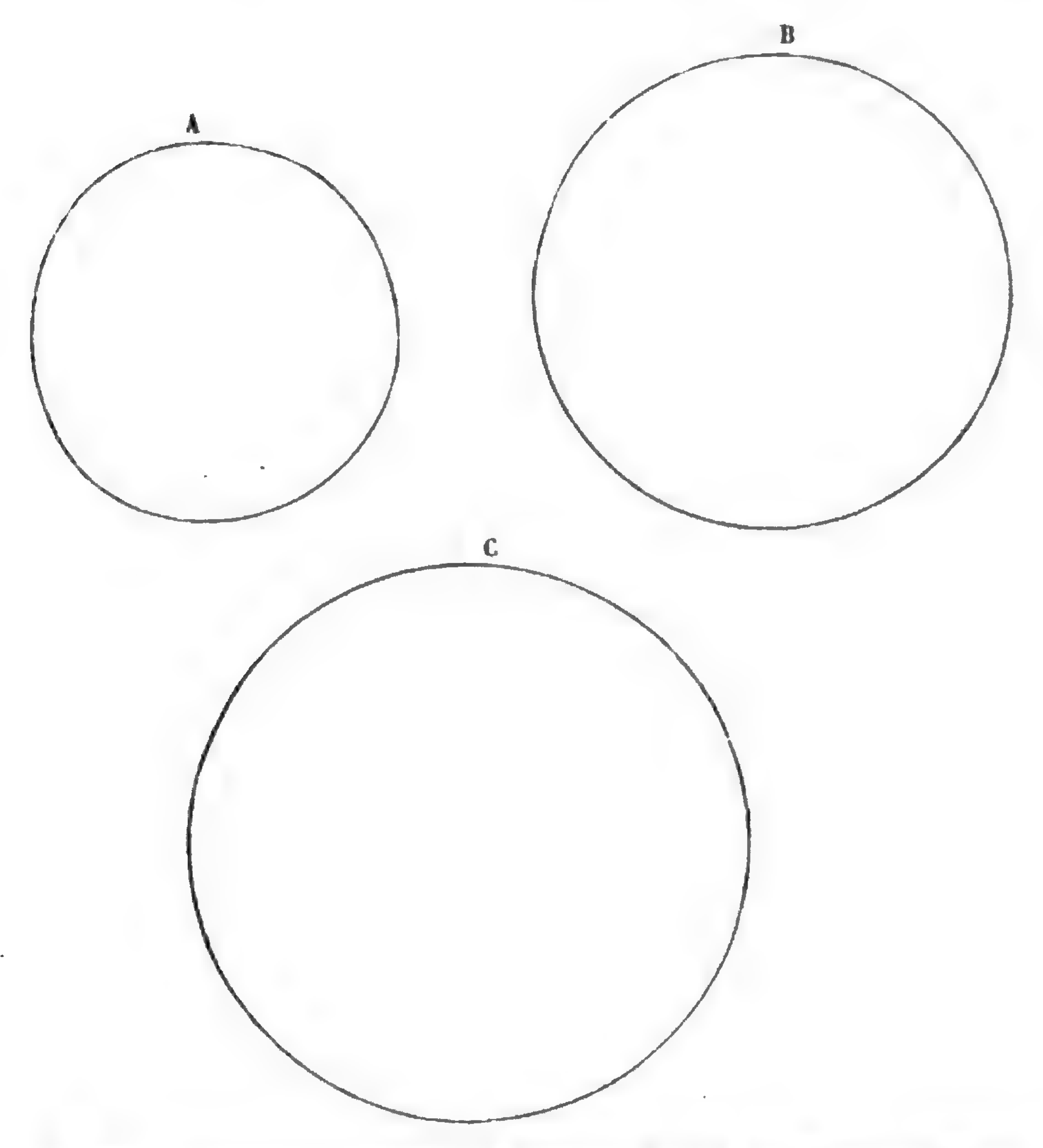


Fig. 329. — Grandeurs apparentes du disque de Jupiter aux distances extrêmes et à la distance moyenne à la Terre.

échelle (1 millimètre pour 1 seconde) que les figures qui représentent déjà, dans cet ouvrage, les grandeurs apparentes des disques de Mercure, de Vénus et de Mars.

Le plus grand diamètre de Jupiter est de 35,792 lieues de 4,000 mètres chacune.

CHAPITRE III

TACHES DE JUPITER — SON MOUVEMENT DE ROTATION

Des taches accidentelles observées sur la surface visible et brillante de la planète prouvent que cette surface tourne sur elle-même de l'occident à l'orient, dans un temps beaucoup moindre que celui de la durée de la révolution des planètes inférieures, Mercure et Vénus, et même que celui de la durée de la révolution de Mars.

Le temps de la rotation de la surface visible de Jupiter est en moyenne de 9ʰ 55ᵐ.

Toutes les taches ne conduisent pas au même résultat numérique, ce qui entraîne la conséquence qu'elles ont une certaine mobilité ou qu'elles naissent au milieu d'une atmosphère dont la planète est entourée.

L'axe de rotation de Jupiter est à peu près perpendiculaire au plan de l'orbite que cette planète décrit autour du Soleil : l'inclinaison est en effet de 86° 54′ ; l'angle que cet axe de rotation fait avec le plan de l'écliptique est de 88° 13′.

C'est en 1665 que Cassini découvrit en Italie la rotation de Jupiter. Il se servit pour cela d'une tache qui semblait adhérente à la bande méridionale dont le centre était éloigné de celui de la planète de 1/3 du rayon ; la valeur qu'il obtint est 9ʰ 56ᵐ. Plus tard, en 1672, des observations analogues faites sur une tache que ce grand astronome crut identique avec celle qu'il avait observée en Italie, lui donnèrent 9ʰ 55ᵐ 51ˢ. En repre-

nant cette intéressante recherche en 1677, il arriva à une rotation de 9^h 55^m 50^s. Mais un si bel accord s'évanouit en 1690. Ayant alors observé une tache qui paraissait adhérente à la bande méridionale fort voisine du centre, il trouva pour valeur de la rotation 9^h 51^m. Ce résultat si différent des premiers fut confirmé en 1691 par l'observation de deux taches brillantes placées sur la bande obscure la plus voisine du centre vers le nord, et aussi par une tache obscure placée entre les deux bandes centrales. En 1692, des taches donnèrent même pour la durée de la révolution 9^h 50^m.

Les différences considérables de ces divers résultats ont conduit à supposer que les taches sont des nuages nageant dans une atmosphère très-agitée. Les taches, ainsi que cela se déduit des résultats précédents, ont un mouvement d'autant plus rapide qu'elles occupent une position plus voisine du centre de la planète. Ainsi, dit Fontenelle, on pourrait comparer les mouvements de ces taches à celui des courants qui règnent près de l'équateur terrestre. Mais l'assimilation me paraît porter à faux : les alizés soufflant de l'orient à l'occident, entraînent dans la même direction les nuages situés dans cette portion de l'atmosphère. Ces nuages correspondent donc, par leur déplacement en vingt-quatre heures, à des parties de plus en plus occidentales de la croûte solide de notre globe ; par conséquent, un observateur qui, situé dans la Lune ou dans le Soleil, déterminerait la durée de la rotation de la Terre par l'observation d'un de ces nuages devrait trouver un nombre plus grand que celui que lui fournirait l'observation d'un point de

la croûte solide; c'est l'inverse qu'on a remarqué dans Jupiter.

Herschel a publié en 1781 un Mémoire dans lequel il rapporte des déterminations de la durée de la rotation de Jupiter qu'il a obtenues en 1778 à l'aide d'une seule et même tache noire; elles varient depuis $9^h\ 55^m\ 40^s$ jusqu'à $9^h\ 54^m\ 53^s$. En 1779 une tache claire, également équatoriale, donna pour le temps de la rotation tantôt $9^h\ 51^m\ 45^s$ et tantôt $9^h\ 50^m\ 48^s$.

Herschel explique les grandes différences de toutes les observations par les mouvements propres des taches; il croit, comme Fontenelle, à l'existence dans les régions équinoxiales de la planète, de vents analogues à nos alizés, mais sous la réserve que nous venons de faire tout à l'heure quant à leur direction. Nous dirons que, pour concilier les divers résultats d'Herschel avec la détermination $9^h\ 56^m$ donnée généralement par Cassini pour des taches extra-équatoriales, il faut supposer que certains nuages observés par l'astronome de Slough avaient en 10 heures un mouvement propre de près de 3 degrés de l'équateur de Jupiter, c'est-à-dire une vitesse de 96 lieues à l'heure.

Les observations les plus récentes qu'on ait faites sur la rotation de Jupiter sont celles de MM. Mædler et Beer : elles embrassent l'intervalle compris entre le mois de novembre 1834 et le mois d'avril 1835. Par des taches situées à 5 degrés de latitude nord, ils ont obtenu $9^h\ 55^m\ 26^s$. Sur quoi il faut remarquer que ce résultat est la moyenne et que les durées obtenues par l'observation des deux taches simultanées ne sont pas égales. Des

observations faites à peu près à la même époque donnèrent à M. Airy 9h 55m 21s en temps moyen.

Voici au surplus un tableau formé d'après les résultats obtenus par différents astronomes, observant des taches diversement situées.

Cassini................	9h	56m		en 1665
Id.	9	50		en 1692
Maraldi................	9	56		en 1713
Jacques de Sylvabelle...	9	56		en 1773
Herschel..............	9	55	40s	en 1778
Id.	9	50	48	en 1779
Schrœter..............	9	56	56	en 1785
Id.	9	55	18	en 1786
Airy..................	9	55	24	en 1834 et 1835
Beer et Mædler.........	9	55	26	de 1834 à 1835

CHAPITRE IV

FORME DE JUPITER

Le diamètre de Jupiter mesuré dans le sens de l'axe de rotation est plus petit que le diamètre équatorial, ou perpendiculaire au premier, dans le rapport de 17 à 18.

En 1647, Hévélius disait dans sa *Sélénographie* que Jupiter lui paraissait *assez rond*.

J.-D. Cassini remarqua en Italie vers l'année 1665 que le disque de cette planète n'était pas circulaire, que l'axe de l'équateur surpassait la ligne des pôles. Picard et Flamsteed, auxquels l'observation fut communiquée, en reconnurent l'exactitude. Mais ni l'un ni l'autre de ces deux astronomes ne chercha ou ne parvint à déterminer la valeur de l'aplatissement. A la fin de l'année

1690, le même J.-D. Cassini n'apercevait aucun aplatissement dans le disque de Jupiter. Remarquons qu'il donna toute son attention à l'observation de ce changement de forme et qu'il consacra à cet objet un chapitre à part dans un Mémoire publié en 1691.

En 1691, Cassini donna pour la valeur de l'aplatissement 1/15ᵉ.

En 1719, Pound, à l'aide d'une lunette d'Huygens de 42 mètres, ayant mesuré l'aplatissement en question à la demande de Newton, trouva en moyenne 1/13ᵉ.

Derham nous dit dans sa *Théologie astronomique* que les astronomes ses contemporains portaient à 1/40ᵉ la différence des deux diamètres de Jupiter. Il ne pensait pas qu'une si petite différence pût être déterminée par l'observation. Au surplus il doutait, quant à lui, de l'existence d'un aplatissement.

Rochon obtint en 1777, par les observations d'une seule soirée, un aplatissement égal à 1/16ᵉ.

Short, avec un héliomètre achromatique, crut, au rapport de Lalande, pouvoir fixer cet aplatissement à 1/14ᵉ.

Schrœter, vers 1785, a trouvé 1/12ᵉ.

J'ai obtenu 1/17ᵉ à l'aide d'observations nombreuses faites à l'Observatoire de Paris depuis le mois d'avril 1812 jusqu'en juin 1814.

Suivant M. Struve cet aplatissement serait 1/14ᵉ ou, plus exactement, 1/13.7.

Beer et Mædler en 1839 ont trouvé 1/20ᵉ.

Il est remarquable que les astronomes en si grand nombre qui ont déterminé la valeur de l'aplatissement de

Jupiter, ne se soient pas enquis de rechercher si cette planète est elliptique, si, en un mot, un diamètre passant par le centre et incliné de 45 degrés au diamètre de l'équateur, avait une valeur intermédiaire entre ce dernier diamètre et celui des pôles. Quant à moi, je n'ai pas négligé cette question. Des mesures nombreuses faites à 45 degrés du pôle ou de l'équateur en 1813, ne m'ont donné aucun motif de supposer que le disque de Jupiter diffère d'une ellipse d'une quantité appréciable.

Schrœter rapporte que lui et ses collaborateurs, armés d'instruments différents, virent, un certain jour, vers la fin du dernier siècle, un aplatissement local au pôle austral de Jupiter. Ils ajoutent qu'ayant calculé, d'après la durée de la rotation, le temps où le phénomène devait se reproduire, ils ne parvinrent pas à l'apercevoir de nouveau. Ce fait accidentel semble donc devoir être rangé dans la catégorie des illusions d'optique dont les observateurs les plus habiles ne parviennent pas toujours à se garantir.

CHAPITRE V

BANDES DE JUPITER — SON ATMOSPHÈRE

Outre les taches qui ont servi à déterminer la durée de la rotation de Jupiter, on remarque sur son disque des bandes obscures qui font le tour entier de la planète; ces bandes sont parallèles entre elles et au plan de l'écliptique, ou, si l'on veut, perpendiculaires à son axe de rotation.

On peut voir facilement les bandes de Jupiter, même

avec des instruments d'un pouvoir amplificatif très-borné; aussi n'est-on pas médiocrement surpris en remarquant qu'il n'en est fait aucune mention dans les œuvres de Galilée. Les bandes n'auraient-elles pas existé du temps de cet immortel observateur?

Riccioli rapporte que les premières observations des bandes de Jupiter ont été faites à Rome, par le père Zucchi, le 17 mai 1630. Il cite aussi les pères Zuppi et Bartoli, jésuites, et Fontana comme ayant aperçu les mêmes bandes en 1633.

Huygens rapporte dans son *Systema saturnium*, publié en 1659, qu'il a vu quelquefois les bandes de Jupiter plus lumineuses que le reste du disque; maintenant elles sont notablement plus obscures, mais est-ce une raison pour nier l'observation de l'astronome hollandais? Les bandes disparaissent quelquefois, comme nous le verrons tout à l'heure; ne serait-il pas possible qu'au moment de leur reproduction, la matière qui en occupait la place fût dans un état particulier qui la rendît plus propre à réfléchir la lumière solaire que toutes les autres parties du disque?

Les générations nouvelles qui semblent avoir eu lieu dans le ciel, et dont nous parlerons bientôt, celles en particulier qu'on a aperçues en 1850, à l'intérieur de l'anneau de Saturne, doivent nous rendre très-circonspects lorsqu'il s'agit de se prononcer sur la réalité d'anciennes observations émanant de sources dignes de foi.

Jean-Dominique Cassini dit, dans un Mémoire publié à Paris, en 1691, que les deux bandes obscures et centrales de Jupiter avaient été aperçues déjà en 1630. Ces

deux bandes sont remarquables par leur permanence sinon absolue, du moins relative. Cassini affirmait, en 1691, qu'il les voyait depuis quarante ans. J'ai dit permanence relative, car il paraîtrait que ces deux bandes centrales s'effacent quelquefois. Hévélius rapportait, en effet, dans sa *Sélénographie*, qu'en 1647 il ne voyait pas de bandes sur Jupiter, quoiqu'il y aperçût des nuages. William Herschel affirme aussi dans un Mémoire publié en 1793, qu'il vit une fois la planète sans aucune trace de bandes. En 1834 et 1835, la bande boréale n'existait pas; elle s'était effacée sur tout le pourtour de la planète. En décembre 1835, Mædler vit la bande australe se diviser longitudinalement en deux.

Le 16 décembre 1690, Cassini apercevait, outre les deux bandes permanentes, deux bandes méridionales et deux autres septentrionales qui ne faisaient pas le tour entier de la planète, en sorte que Jupiter était sillonné par six bandes exactement parallèles entre elles.

Quelle qu'en puisse être la cause, il existe dans Jupiter sous toutes les latitudes des matières obscures ayant une tendance à se ranger en bandes parallèles aux bandes équatoriales.

Ces bandes accidentelles ne font pas ordinairement le tour entier de la planète; elles sont interrompues de manière que le retour de leurs extrémités à une position déterminée sur le disque apparent peut aussi servir à fixer la durée de la rotation. Ces fractions de bandes n'ont qu'une courte durée, elles naissent et disparaissent dans un petit nombre de jours, et même parfois dans un petit nombre d'heures.

Nous venons de dire que les diverses bandes sont exactement parallèles entre elles ; des observations faites à Berlin, en 1834 et 1835, par Mædler et Beer, astronomes que nous avons si souvent cités, conduiraient à la conséquence que quelquefois elles présentent une légère inclinaison à l'équateur de la planète ; ils disent avoir trouvé que la ligne médiane de la bande centrale boréale formait avec l'équateur un angle de 49′.

Les opinions ont très-peu varié quant à la cause des bandes ; Huygens, dans son *Systema saturnium*, les attribuait à des nuages parallèles à l'équateur de Jupiter. On a vu que Huygens trouva de son temps ces bandes plus lumineuses que le reste du disque.

Cassini, ayant égard à la permanence de la bande méridionale qui, suivant lui, n'était pas conciliable avec un phénomène atmosphérique, crut d'abord que cette bande obscure provenait d'une moins forte réflexion de la lumière sur la matière spéciale qui lui correspondait, par exemple à la présence d'un large sillon équatorial liquide compris au nord et au midi entre deux régions solides et susceptibles de réfléchir beaucoup plus de lumière. Seulement, si des traînées d'un liquide analogue à l'eau sont la cause des bandes, il faut supposer, dit Cassini, que le globe de Jupiter est couvert de vallées parallèles à son équateur, semblables aux cannelures d'une boule grossièrement façonnée au tour.

Voici maintenant à peu près en quels termes Herschel formulait son opinion sur la cause de ces mêmes bandes de Jupiter, dans un Mémoire sur Vénus, publié en 1793 : « Je suppose que les bandes brillantes de Jupiter

comprises entre les bandes obscures sont les zones où l'atmosphère de cette planète est le plus remplie de nuages. Les bandes obscures correspondent aux régions dans lesquelles l'atmosphère, complétement sereine, permet aux rayons solaires d'arriver jusqu'aux portions solides de la planète, où, suivant moi, la réflexion est moins forte que sur les nuages. »

Qu'on lise un Mémoire d'Herschel de 1781, et l'on trouvera que ce grand astronome, adoptant une opinion de Cassini, ou plutôt de Fontenelle, croyait à l'existence, dans les régions équatoriales de Jupiter, de vents analogues à nos alizés. Le principal effet de ces vents réguliers serait, suivant lui, de réunir les vapeurs de l'atmosphère équatoriale en bandes parallèles.

Pour que ces assimilations des phénomènes de Jupiter à ceux qu'on observe dans nos régions équinoxiales sortissent du domaine des simples conjectures, il faudrait avoir des appréciations exactes des intensités des bandes comparées à celles des autres parties du disque; il faudrait aussi examiner par des mesures précises et non à l'aide de simples aperçus, ce qu'il y a de vrai dans cette assertion de Huygens que la distance des bandes n'est pas toujours la même, et dans cette assertion presque identique que j'extrais des *Outlines of Astronomy* de sir John Herschel : « Les bandes changent de couleur et de situation. »

Voici comment j'imagine qu'on pourrait résoudre la première de ces deux questions :

Supposons que la lumière de Jupiter soit polarisée, et, pour fixer les idées, j'admettrai que ce soit dans un

plan vertical. Admettons subsidiairement que la section principale du prisme de la lunette de Rochon avec laquelle on veut étudier la planète, soit aussi verticale; dans cette position on ne verra qu'une image de Jupiter; la seconde, celle qu'on appelle l'image extraordinaire, prendra naissance dès le moment que la section principale du prisme cessera d'être verticale. L'intensité de cette seconde image, formée toujours avec de la lumière empruntée à la première, ira en augmentant régulièrement par des degrés connus à mesure que le prisme s'éloignera de la position primitive. Ainsi, au point de départ, l'image ordinaire étant, pour fixer les idées, représentée par 20, l'image extraordinaire est nulle ou zéro. Ensuite l'image ordinaire devient 19 et l'image extraordinaire 1; à ces nombres succèdent, pour les deux images, les intensités respectives 18 et 2, 17 et 3, 16 et 4, et ainsi de suite. Supposons que l'image extraordinaire de la bande brillante se soit trouvée égale à l'image ordinaire de la bande obscure, lorsque la lumière s'est tellement répartie entre les deux images, qu'il reste 16 dans l'une et 4 dans l'autre. Les intensités primitives des lumières comparées seront entre elles dans le rapport de 16/20 à 4/20, ou, en nombres entiers, dans celui de 16 à 4.

Considérons maintenant une des bandes obscures permanentes entre lesquelles règne la bande brillante équatoriale; il sera facile de déterminer à quel moment l'image extraordinaire de cette bande centrale a précisément la même intensité que l'image ordinaire restante de la bande obscure, et dès lors, de calculer l'intensité

comparative de la bande brillante avec la bande obscure dans l'état ordinaire de la planète.

Si l'on trouvait malaisé de comparer des bandes situées sur deux images différentes, à raison de tout ce qui les entoure, on pourrait renfermer la bande obscure de l'image ordinaire entre deux fils ou plutôt entre deux plaques opaques fixes d'un micromètre commun et renfermer aussi l'image extraordinaire de la bande lumineuse entre les deux plaques mobiles du même micromètre; alors on n'aurait en vue que les objets à comparer et l'observation de leur égalité se ferait sans difficulté. Je n'ai pas fait cette observation à l'époque où je m'occupais des mesures de Jupiter, parce que je ne savais pas alors avec certitude dans quelle proportion se partageait la lumière polarisée entre les images ordinaire et extraordinaire d'un prisme doublement réfringent.

Quant à la seconde question indiquée plus haut, je vais tirer de mes registres un certain nombre d'observations qui pourront servir à la résoudre.

Mes premières observations destinées à déterminer la position des bandes obscures, relativement au bord du disque, remontent à 1810.

Le 29 octobre de cette année, je trouvai que le bord le plus méridional de la bande obscure méridionale réelle était éloigné du bord sud réel de la planète, en fonction du diamètre de Jupiter,

de................................	0.282
Le 7 novembre j'ai trouvé pour cette même distance une valeur de..............	0.272
Le 13 novembre........................	0.266
18 décembre........................	0.313

Le 21 décembre	0.304
1er février 1811	0.303
28 septembre	0.285
5 mai 1812	0.311
17 mai	0.268
5 mai 1813	0.321
13 mai	0.328
31 mai	0.313
3 juin	0.311
7 juin	0.295
10 mai 1814	0.312
12 mai	0.332
18 mai	0.326
20 mai	0.312
9 juin	0.338
13 juin	0.320
14 juin	0.338
22 mars 1835	0.293
23 mars	0.315
25 mars	0.296
29 mars	0.295
5 février 1837	0.361
Distance moyenne du bord méridional de la bande méridionale au bord sud de Jupiter.	0.308

Le 7 novembre 1810 j'ai trouvé que le bord le plus septentrional de la bande méridionale réelle était éloigné du bord nord de Jupiter en fonction du diamètre de la planète,

de	0.549
Le 21 décembre 1810	0.533
14 juin 1814	0.422
22 mars 1835	0.568
23 mars	0.568
25 mars	0.553
29 mars	0.572
5 février 1837	0.525
Distance moyenne du bord septentrional de la bande méridionale au bord nord de Jupiter	0.536

Distance moyenne du bord méridional de la bande méridionale au bord sud de la planète	0.308
Somme des distances des bords de la bande aux bords de la planète	0.844
Largeur de la bande méridionale	0.156

Le 29 octobre 1810 je trouvai que le bord réel le plus méridional de la bande septentrionale réelle était éloigné du bord méridional de Jupiter en fonction du diamètre de la planète,

de	0.471
Le 7 novembre 1810	0.483
21 décembre	0.478
14 septembre 1842	0.553
15 septembre	0.590
16 septembre	0.581
Distance moyenne du bord méridional de la bande septentrionale au bord sud de Jupiter	0.526

Le 7 novembre 1810 je trouvai que le bord le plus septentrional réel de la bande septentrionale réelle était éloigné du bord boréal réel de Jupiter en fonction du diamètre de la planète,

de	0.356
Le 18 décembre 1810	0.392
21 décembre	0.391
1er février 1811	0.360
13 juin 1814	0.363
14 septembre 1842	0.312
15 septembre	0.312
16 septembre	0.333
Distance moyenne du bord septentrional de la bande septentrionale au bord nord de Jupiter	0.353

Distance moyenne du bord méridional de la bande septentrionale au bord sud de Jupiter..............................	0.526
Somme des distances des bords de la bande aux bords de Jupiter.....................	0.879
Largeur de la bande septentrionale........	0.11

La figure 330 représente les deux bandes de Jupiter d'après les mesures que je viens de rapporter.

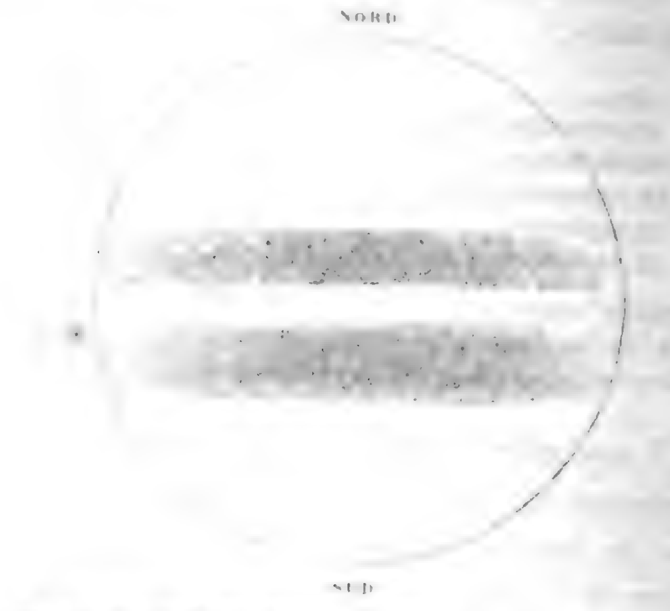


Fig. 330. — Bandes obscures principales de Jupiter, d'après les mesures de M. Arago.

On a remarqué que les bandes de Jupiter ne paraissent pas se prolonger jusqu'aux bords du disque ; voyons si nous ne pourrions pas concilier ce fait curieux avec l'explication que nous avons rapportée ci-dessus des bandes obscures et brillantes. Le fait deviendrait alors une preuve évidente de la vérité de l'explication.

Ces bandes lumineuses, avons-nous dit, sont produites

par la réflexion de la lumière solaire sur des zones nuageuses; les autres, les bandes sombres, sont le résultat de la réflexion plus faible de la même lumière sur la partie solide du globe. Il est évident que si l'on parvenait à diminuer artificiellement la première réflexion ou à augmenter la seconde de manière qu'elles fussent égales, les bandes disparaîtraient, puisqu'elles ne sont visibles que par l'effet de la différence d'éclat de leur lumière. Or, la diminution et l'augmentation de la réflexion des parties des bandes qui se correspondent près des bords de la planète a lieu naturellement; en effet, un nuage doit paraître d'autant moins lumineux que le Soleil l'éclaire plus obliquement; d'autre part, la portion d'atmosphère diaphane qui correspond à la bande obscure doit renvoyer à l'œil d'autant plus de lumière qu'elle a plus de profondeur.

Tout ce qu'on peut conclure de cette circonstance singulière que la bande centrale lumineuse de Jupiter et que les bandes obscures qui la bornent au nord et au midi ne se prolongent pas jusqu'aux bords de la planète, c'est que la diminution d'éclat provenant de l'inclinaison sous laquelle les nuages formant la bande centrale se présentent à nous, et l'augmentation d'intensité provenant d'une plus grande étendue d'atmosphère correspondante aux bandes obscures près du bord, se compensent à tel point que les bandes obscures et la bande centrale sont, près du bord, de la même intensité.

CHAPITRE VI

INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE DE JUPITER

Nous avons vu (ch. I, p. 326) que, eu égard à sa distance moyenne au Soleil comparée à la distance de la Terre à l'astre radieux, l'intensité de la lumière et de la chaleur à la surface de Jupiter doit être représentée par 0.037, cette intensité étant 1 à la surface de notre globe.

Dans une lettre au grand-duc de Toscane en réponse à une brochure du seigneur Liceti sur la lumière cendrée, Galilée dit que Jupiter projette derrière les corps opaques des ombres à peine moins intenses que celles qui sont dues à la lumière de Vénus. Cette remarque intéressante perd une grande partie de sa valeur parce qu'elle n'est pas accompagnée de détails sur les circonstances où elle a été faite.

Jupiter donne des ombres, mais est-ce dans une chambre obscure? cela n'aurait rien que de très-naturel. Est-ce sur un mur étendu, recevant seulement la lumière de la moitié du ciel visible? Est-ce sur un écran horizontal éclairé simultanément par l'ensemble de tous les astres visibles dans une moitié du firmament? Toutes ces questions diverses devraient être résolues pour que le fait pût conduire à des conséquences précises et utiles. Voyons comment dans cette vue les expériences devraient être dirigées :

Un écran de papier placé horizontalement est éclairé par la lumière provenant de tous les astres visibles; au

nombre de ces astres se trouve Jupiter. On établit ensuite une tige verticale opaque et déliée en face de la planète. A partir de ce moment, une partie de l'écran, celle qui correspond à l'ombre géométrique de la tige opaque, ne reçoit pas la lumière de Jupiter; tout le reste est dans le même état qu'auparavant : on ne verra donc la portion de l'écran correspondante à l'ombre géométrique du corps interposé que dans le cas où la lumière de la planète sera une partie sensible de la lumière versée par tous les autres astres éclairants.

On admet généralement qu'une lumière ne produit un effet sensible en s'ajoutant à une autre lumière que lorsqu'elle est au moins la cinquante-cinquième partie de celle-ci. Dans cette supposition, l'ombre géométrique serait sensiblement inférieure en éclat au reste de l'écran, alors seulement que la lumière de Jupiter, qui tombe de part et d'autre de cette ombre, aurait une intensité au moins égale à la cinquante-cinquième partie de la lumière envoyée sur le papier par l'ensemble de l'hémisphère céleste.

Si, à l'aide d'un plan de verre interposé, on affaiblit la lumière provenant de Jupiter et celle-là seulement, on pourra déterminer expérimentalement le moment où cette lumière réduite sera égale à la cinquante-cinquième partie de celle provenant de tous les astres alors visibles.

Je n'ai pas besoin d'indiquer ici toutes les conséquences qu'on pourrait déduire de pareilles expériences conduites avec soin et faites dans des circonstances variées; par exemple, lorsque le ciel renferme de brillantes comètes, lorsque la lumière zodiacale est visible, etc., etc.

CHAPITRE VII

COMPARAISON DES INTENSITÉS DES RÉGIONS POLAIRES ET DES RÉGIONS ÉQUATORIALES DE JUPITER

En faisant empiéter les deux disques de Jupiter obtenus par une lunette armé d'un prisme biréfringent, près des pôles de rotation de la planète, d'une quantité égale aux 36 centièmes du rayon, j'ai trouvé que le segment résultant était plus faible ou au plus de la même intensité que l'espace équatorial compris entre les deux bandes noires sur une des deux images.

Il résulte de là que dans un espace assez grand à partir des pôles de la planète, la lumière qu'elle nous réfléchit est au moins deux fois plus faible que celle qui nous vient des régions qui avoisinent l'équateur.

Cette observation est du 13 juin 1814.

Une observation analogue, faite le lendemain, conduisit au même résultat.

CHAPITRE VIII

SATELLITES DE JUPITER — LEURS MOUVEMENTS APPARENTS AUTOUR DE CETTE PLANÈTE

Jupiter est accompagné de quatre petites étoiles qu'il transporte toujours avec lui dans les positions diverses que son mouvement propre lui fait prendre dans le firmament. Ces astres, nommés des satellites, circulent autour du centre de la planète, de l'occident à l'orient, et décrivent des orbites presque circulaires de différentes grandeurs.

On appelle premier satellite celui qui s'éloigne le moins de Jupiter, quatrième satellite celui qui s'en éloigne le plus. Les second et troisième satellites sont, dans cet ordre, ceux qui s'écartent de la planète à des distances intermédiaires entre celles qui correspondent au premier et au quatrième.

Les durées des révolutions de ces satellites étant très-inégales, on les voit quelquefois groupés par couples de deux du côté oriental et du côté occidental de la planète; quelquefois trois de ces astres sont rangés à peu près en ligne droite d'un côté; le quatrième se trouve seul du côté opposé; il arrive enfin quelquefois que les quatre satellites se montrent tous ensemble du côté oriental ou du côté occidental de la planète et toujours à peu près sur une ligne droite.

Lorsque les satellites passent entre Jupiter et le Soleil, ils projettent leur ombre sur la planète; ce sont là, pour les habitants de Jupiter, de véritables éclipses de Soleil.

Ces ombres, pour un observateur situé sur la Terre, ne peuvent pas être confondues avec les taches ordinaires de Jupiter; elles sont rondes, noires, bien terminées, et elles semblent se déplacer à peu près avec la même rapidité au centre et vers les bords de la planète. La durée de leur apparition sur le disque de Jupiter est égale à celle qu'on peut déduire du mouvement du satellite qui les engendre.

Les ombres dont nous parlons maintenant sont parfaitement noires; Jupiter ne semble émettre aucune lumière dans les points à l'égard desquels les satellites font l'office d'écran. Jupiter n'est donc pas lumineux par lui-

même. Il ne brille que de la lumière du Soleil réfléchie, résultat que l'absence de phases sensibles ne nous avait pas permis de constater par la méthode qui nous avait si bien réussi, lorsque nous étudiions la constitution physique de Mercure, de Vénus et de Mars.

Vers les époques où l'on aperçoit les ombres se mouvoir suivant des cordes du disque de Jupiter, les satellites se projettent eux-mêmes sur la planète; ils suivent ces ombres avant l'opposition de la planète, ils les précèdent après l'opposition.

Dans ces passages les satellites décrivent aussi des cordes du disque; ils paraissent souvent comme des taches brillantes et quelquefois comme des points obscurs moins étendus que les ombres proprement dites. Cette dernière circonstance peut s'expliquer naturellement en supposant qu'il existe alors sur les surfaces des satellites des portions matérielles ou atmosphériques réfléchissant beaucoup moins de lumière que les parties environnantes.

Quand les satellites entièrement lumineux passent sur la planète, on a remarqué que, facilement visibles près du bord du disque, ils disparaissent vers le centre; de là on a conclu que le bord de la planète est moins lumineux que le centre et que Jupiter doit être entouré d'une atmosphère.

Les satellites de Jupiter disparaissent quelquefois à une distance sensible du bord de la planète. Ce fait curieux s'explique très-simplement : Jupiter étant un corps opaque projette derrière lui un cône d'ombre dont l'axe est la droite qui joint son centre à celui du Soleil et dont les arêtes sont les lignes qui rasent à la fois les

bords correspondants des deux astres : aucun rayon solaire ne pénètre dans ce cône. Lorsque les satellites le traversent, ils doivent donc devenir invisibles si, comme Jupiter, ils empruntent leur lumière au Soleil. Ce phénomène est comparable de tous points à celui que notre satellite nous offre dans les éclipses totales de Lune. En effet, avant la disparition complète de cet astre, il s'affaiblit graduellement, ainsi que nous l'avons vu (liv. XXII, chap. III, t. III, p. 546), à mesure qu'il s'enfonce davantage dans l'espace dont l'ombre terrestre est entourée et qu'on appelle la pénombre. Ainsi se comportent les satellites de Jupiter avant leur pénétration dans l'ombre géométrique où ils s'éclipsent, car cette ombre est aussi entourée d'une pénombre.

Si l'immersion du premier satellite s'est effectuée, à une certaine époque, à une distance sensible du bord de la planète, la sortie du cône d'ombre, ou l'émersion, s'opérera dans une portion du cône qui est cachée de la Terre par le corps opaque de Jupiter. On ne pourra donc pas, quant à ce satellite, voir le même jour l'immersion et l'émersion.

Le même raisonnement est applicable à ce qui concerne le second satellite. Quant au troisième et au quatrième, comme ils traversent le cône plus près de son sommet, par conséquent dans des points plus distants du disque opaque de la planète, et comme leurs orbites sont sensiblement inclinées au plan de l'écliptique, on voit quelquefois dans la même soirée les immersions et les émersions qui leur succèdent.

La disparition complète des satellites pendant leur

séjour dans le cône d'ombre prouve qu'ils ne reçoivent aucune lumière de la face de Jupiter non éclairée par le Soleil, et dès lors que cette planète, contre une opinion longtemps accréditée, n'est pas phosphorescente, ce que nous aurions pu conclure de la complète obscurité des ombres projetées quelquefois sur le disque visible de Jupiter, mais avec moins de certitude, à cause de la brillante lumière dont ces ombres sont entourées.

CHAPITRE IX

HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DES SATELLITES

La découverte des satellites de Jupiter fut un des premiers fruits de l'application des lunettes à l'étude des astres.

Le 7 janvier 1610, à Padoue, Galilée aperçut près de la planète, que le nouvel instrument avait dotée d'un disque sensible et bien tranché, trois petites étoiles; deux étaient à l'orient, la troisième à l'occident. Le lendemain, il les vit toutes les trois à l'occident, le surlendemain on n'en voyait plus que deux et elles étaient situées à l'orient du disque de Jupiter. Tout cela ne pouvait pas être expliqué par un déplacement admissible de la planète et impliquait un mouvement propre de ces petites étoiles. Frappé de la singularité de ce résultat, Galilée redoubla d'attention; le 13, il aperçut quatre étoiles. Bref, il constata qu'il y avait dans le firmament un astre autour duquel circulaient des planètes secondaires, comme les planètes anciennement connues circulent autour du

Soleil : c'était le monde de Copernic en miniature ; les idées de ce grand homme semblaient désormais ne pouvoir plus être rejetées. Aussi rapporte-t-on que Kepler en apprenant les observations de l'astronome de Florence, s'écria, en parodiant l'exclamation de l'empereur Julien : *Galilœe, vicisti !*

Galilée voulait qu'on appelât les étoiles nouvellement aperçues *Astres de Médicis*, mais le nom de satellites de Jupiter a prévalu.

Dans une lettre au grand-duc de Toscane écrite en 1612, Galilée donne les résultats suivants pour les durées des révolutions des satellites de Jupiter :

Premier satellite...	1^j	18^h	
Deuxième.........	3	13	1/3 environ.
Troisième.........	7	4	à peu près.
Quatrième.........	16	18	à peu près.

On a prétendu que la découverte des satellites de Jupiter fut accueillie dans le monde avec une satisfaction universelle. Des documents, empruntés aux sources les moins contestables, prouvent qu'il n'en fut pas ainsi. Une Académie tout entière, celle de Cortone, prétendit que les satellites étaient le résultat d'une illusion d'optique produite par la lunette. Dans les dialogues contenus dans l'ouvrage de Sizio, lorsqu'un des interlocuteurs demande pourquoi on voit quatre satellites autour de Jupiter seulement, on lui répond : parce que la lunette est propre (*proporzionato*) à produire de telles apparences à la distance de Jupiter et non à d'autres distances. (Venturi, t. Ier, p. 126.) Clavius disait, en octobre 1610, que pour voir les satellites, il fallait d'abord con-

struire une lunette qui les engendrât. Il est vrai que dès le mois de décembre suivant il abandonna cette opinion absurde aussitôt qu'il eut observé lui-même les astres en question (page 142). Galilée rapporte qu'il y avait, à Pise, un philosophe nommé Libri, qui ne consentit jamais à mettre l'œil à la lunette pour voir les satellites de Jupiter. « J'espère, ajoute l'illustre philosophe (ledit Libri venait de mourir), que n'ayant jamais voulu voir les satellites sur la terre, il les aura aperçus en allant au ciel. » (Page 144.)

On eut recours même aux causes finales pour démontrer la non-existence des satellites. Horky demandait à quoi serviraient, au point de vue astrologique, les quatre satellites de Jupiter annoncés dans le *Nuntius sidereus*. Woderbonius, auteur écossais, contemporain de Galilée, répondait, avec beaucoup d'esprit et d'à-propos : « Ils serviront à confondre les Horky et tous les astrologues superstitieux. » (Page 129.)

Enfin, en Allemagne, Simon Marius affirma qu'il avait fait l'observation avant Galilée. Consacrons quelques lignes à ses prétentions. La publication de Simon Marius au sujet des satellites de Jupiter, son *Mundus jovialis*, est de 1614 ; elle est postérieure de quatre ans à l'apparition du *Nuntius sidereus* de Galilée, qui parut à la fin de 1610, et dans lequel ce grand homme faisait connaître le résultat de ses premières investigations sur les satellites de Jupiter. La première observation donnée par l'astronome allemand correspond à la seconde de Galilée ; mais l'identité ne paraît pas au premier coup d'œil, parce que Simon Marius date d'après le calendrier non

réformé, ce qui semble présenter en sa faveur une antériorité de dix jours sur les observations de Galilée, qui suivait déjà le calendrier grégorien.

La préface dont est accompagné l'ouvrage de Marius de 1614, en la supposant véridique, prouverait que cet astronome avait déjà reconnu, à la fin de novembre ou au commencement de décembre 1609, que de petites étoiles circulent autour de Jupiter. Mais doit-on ajouter foi à la réclamation tardive de Marius lorsqu'on songe qu'il s'était déjà trouvé quelque peu impliqué dans l'accusation de plagiat que fit Galilée à un seigneur Capra, à l'occasion du compas de proportion, procès que le grand astronome de Florence gagna complétement?

Au surplus, la révélation d'une découverte par une lecture académique ou par l'impression sont les seuls moyens de constater les droits à une invention, et, sous ce rapport, la priorité ne saurait être contestée à Galilée[1].

Nous opposerons aussi cette dernière remarque aux réclamations posthumes qu'on a faites en faveur d'Harriot, savant anglais très-distingué, et qui mourut fort jeune. Ses manuscrits, a dit M. de Zach, renferment la preuve qu'Harriot vit les satellites de Jupiter dès le

1. J'ai été étonné de lire dans l'ouvrage de mon meilleur ami, le *Cosmos* de M. de Humboldt, que, malgré les principes reconnus libéralement par lui-même en tant d'occasions, il attribue la première découverte des satellites de Jupiter à Marius. Le mathématicien de l'électeur de Brandebourg n'a droit à être cité sur cette matière que pour avoir eu l'idée, malheureuse à tant d'égards, de donner à ces satellites les noms d'Io, d'Europe, de Calisto et celui de Ganymède.

16 janvier 1610, date postérieure à celle des premières observations de Galilée, et qui le serait bien davantage si l'auteur anglais avait compté d'après le calendrier julien.

Une lettre récente du docteur Robertson à sir David Brewster renferme les renseignements plus précis qu'on va lire. Les premières observations des satellites faites par Harriot sont du 17 octobre 1610. La feuille manuscrite où se trouvent les configurations pour ce jour-là porte cette note de la main d'Harriot : « Ma première observation des nouvelles planètes. » Sur une autre feuille, on lit « 1611 : Seconde année de mes observations des planètes de Jupiter. » Des dessins grossiers des configurations des satellites sont, au reste, tout ce qu'on trouve dans ces manuscrits.

M. de Zach nous apprend que les satellites de Jupiter étaient observés à Aix, en Provence, dans le mois de novembre 1610, par Peyresc, Gassendi et Gautier.

Après avoir nié l'existence des quatre satellites de Jupiter, il se trouva des astronomes qui accusèrent le grand philosophe de Florence de n'avoir aperçu qu'une partie de la vérité. Scheiner déclara qu'il y avait non pas quatre, mais cinq satellites. Rheita porta leur nombre à neuf. D'autres en comptèrent jusqu'à douze. Mais il est évident aujourd'hui que ces petits astres ajoutés si libéralement aux quatre découverts par Galilée, ne pouvaient être que de petites étoiles dans le voisinage desquelles Jupiter s'était transporté par son mouvement propre, et les observations faites avec les plus puissants télescopes n'ont jamais montré la plus petite trace des satellites additionnels de Scheiner, Rheita, etc.

Nous terminerons cet aperçu historique par un fait qui démontre combien sont parfois faibles les plus grands hommes. En écrivant de Padoue, le 16 juin 1610, une lettre à Belisario Vinta, secrétaire du grand-duc de Toscane, Galilée se réjouissait d'avoir constaté que Mars et Saturne n'avaient point de satellites. Le motif qu'il en donnait, c'est qu'il pouvait espérer que Dieu lui avait fait la grâce spéciale d'être le seul à qui avait été accordée la faveur de découvrir de nouveaux astres. (Venturi, t. Ier, p. 156.)

CHAPITRE X

MASSE DE JUPITER

La masse de Jupiter est de $\frac{1}{1050}$, celle du Soleil étant prise pour unité; elle est 338 fois plus considérable que celle de la Terre.

Ces nombres que nous avons déjà rapportés (liv. XXXIII, chap. VII, p. 34) sont la moyenne des résultats déduits par M. Airy, d'observations faites sur les élongations du quatrième satellite de Jupiter pendant les années 1833, 1834, 1835.

Dans le chapitre où nous avons fait connaître les principes de cette méthode de calcul, nous avons indiqué aussi des moyens d'arriver à une semblable détermination totalement différents du procédé précédent et basés sur la valeur des dérangements que les planètes éprouvent dans leur mouvement circulatoire autour du Soleil par l'effet de l'action de Jupiter. Ici nous nous contenterons

de rapporter les valeurs obtenues à diverses époques par les différentes méthodes.

Laplace tira des observations du quatrième satellite faites anciennement par Pound, 1/1067. Bouvard déduisit des perturbations de Saturne 1/1070. Nicolaï, par les perturbations de Junon, trouva 1/1054. Encke, par les perturbations de Vesta, obtint 1/1050. Le même astronome déduisit des observations de la comète à courte période, 1/1054.

Telle est la confiance que les astronomes accordent à leurs calculs, qu'en voyant les différences, d'ailleurs très-petites, qui existent entre les résultats déduits des perturbations produites par Jupiter dans les mouvements de divers astres, ils supposèrent un moment que l'attraction newtonienne ne s'exerce pas dans la proportion exacte des masses, et qu'elle peut varier d'intensité comme les attractions magnétiques ou chimiques, suivant la nature des matières en présence. Mais ces idées furent bientôt abandonnées lorsque Bessel eut publié les longueurs identiques du pendule, déduites des oscillations de corps très-dissemblables, tels que métaux, minéraux et ivoires.

CHAPITRE XI

GRANDEUR DES SATELLITES DE JUPITER

Les diamètres des satellites sont très-difficiles à mesurer à raison de leur petitesse. Voici les résultats qui ont paru les plus dignes de confiance à des juges très-compétents. Les nombres que nous allons transcrire sont

relatifs à la distance moyenne de Jupiter à la Terre, laquelle distance, comme on sait, est d'environ cinq fois le rayon de l'orbite terrestre :

Premier satellite............	1".02
Deuxième....................	0 .91
Troisième...................	1 .49
Quatrième...................	1 .27

De là il résulte, par un petit calcul qu'il est inutile de détailler ici, et dont le lecteur a déjà vu plusieurs exemples (voir notamment liv. XXI, chap. IX, t. III, p. 402), que le premier satellite, vu de Jupiter, sous-tend en moyenne un angle de 33′, c'est à peu près l'angle sous-tendu par la Lune vue de la Terre. Pour le second satellite et le troisième, cet angle est environ le même pour les deux et se monte à 18′. Quant au quatrième satellite, l'angle sous lequel on le voit de Jupiter est d'à peu près 9′.

En rapportant les rayons des corps des satellites, supposés sphériques, au rayon de la Terre pris pour unité, nous trouvons pour le rayon du premier, 0.32; pour celui du second, 0.27; pour celui du troisième, 0.47; enfin pour celui du quatrième, 0.33. Les diamètres de ces corps, exprimés en lieues de 4,000 mètres, sont, pour le premier, 982 lieues; pour le second, 882; pour le troisième, 1,440; pour le quatrième, 1,232.

Il découle de là que le second satellite a un volume à peu près égal à celui de notre Lune (liv. XXI, chap. IX, t. III, p. 403) et que les autres sont notablement plus grands.

Les masses des quatre satellites de Jupiter sont repré-

sentées par les nombres suivants, la masse de la planète étant prise pour unité :

Premier satellite..........	0.000017
Deuxième................	0.000023
Troisième................	0.000088
Quatrième...............	0.000043

Le troisième satellite, qui est le plus grand et qui a la plus grande masse, a la même densité que la planète; le deuxième est plus dense.

Les valeurs que nous venons de donner des dimensions réelles des satellites de Jupiter sont déduites des nombreuses observations faites par Struve. Elles diffèrent peu de celles que Schrœter avait calculées d'après le temps qu'employait le diamètre de ces astres à se cacher derrière le corps opaque de la planète, ou, ce qui revenait au même, du temps que ces corps mettaient à pénétrer sur le disque de Jupiter. De pareilles observations sont naturellement très-délicates, et les dimensions qu'elles assignent aux divers satellites peuvent être affectées d'erreurs appréciables. Bailly avait appliqué déjà, en 1771, à la même détermination, le temps que chaque satellite employait à pénétrer dans le cône d'ombre. Cette méthode, contre laquelle on a fait des objections fondées, le conduisit aux résultats suivants :

Premier satellite..........	1° 0′ 20″
Deuxième................	0 26 45
Troisième................	0 22 22

Un moyen plus exact de résoudre le même problème consiste à mesurer les dimensions des ombres que les

satellites projettent sur la planète lorsqu'ils sont parvenus à leur conjonction inférieure. Avec les instruments dont les astronomes disposent aujourd'hui, ces mesures seraient susceptibles d'une grande précision et mériteraient toute l'attention des observateurs. Il faudrait seulement examiner avec le plus grand soin l'effet que peuvent produire, dans les dimensions des ombres, les atmosphères dont les satellites sont peut-être entourés.

Voici, en attendant, les résultats obtenus par différents astronomes, sur l'ordre des grandeurs des satellites d'après les ombres :

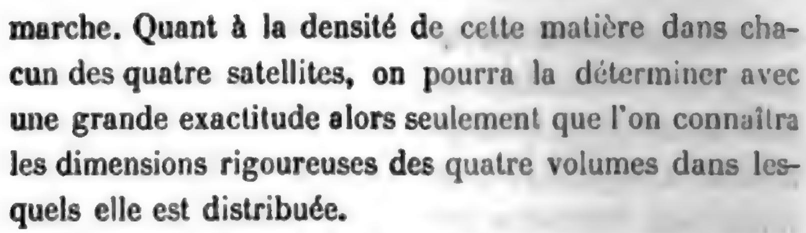
Cassini trouve l'ordre suivant : le troisième satellite, le deuxième, le premier, le quatrième.

Suivant William Herschel, l'ordre des grandeurs est celui-ci : le troisième, de beaucoup le plus grand; le quatrième, le premier, le deuxième.

La durée de l'entrée du second satellite sur le disque de Jupiter donna à Herschel environ 0″.9 pour le diamètre angulaire de ce petit astre. En avril 1780, l'ombre du troisième satellite sur la planète, mesurée au micromètre, lui parut de 1″.6.

Afin d'échapper au reproche d'avoir attaché trop d'importance à la détermination des dimensions réelles des satellites, j'ajouterai quelques mots pour montrer que cette détermination se lie à la solution d'un problème cosmogonique d'un certain intérêt.

La connaissance de la quantité de matière contenue dans chacun des satellites de Jupiter a été obtenue avec une grande précision par l'observation des dérangements que ces satellites produisent réciproquement dans leur



marche. Quant à la densité de cette matière dans chacun des quatre satellites, on pourra la déterminer avec une grande exactitude alors seulement que l'on connaîtra les dimensions rigoureuses des quatre volumes dans lesquels elle est distribuée.

Chacun devine quelles objections on pourra puiser dans ces densités en les supposant douées de certaines valeurs, contre la supposition que les satellites, ou du moins que quelques-uns d'entre eux, n'ont pas toujours appartenu au système de Jupiter, et qu'ils étaient originairement des comètes que cette planète, par sa forte attraction, a détournées de leurs orbites primitives et forcées de circuler autour de son centre.

CHAPITRE XII

MOUVEMENTS PROPRES DES SATELLITES DE JUPITER

On a trouvé par une discussion très-minutieuse des observations des éclipses des satellites de Jupiter, que le premier et le second décrivent des courbes à peu près circulaires. On a reconnu par le même moyen que l'orbite du troisième est sensiblement elliptique, mais que son excentricité est variable. L'ellipticité de l'orbite du quatrième est plus considérable et dès lors très-facile à constater. Les extrémités des grands axes de ces ellipses les plus voisines de la planète ne sont pas toujours dirigées vers les mêmes étoiles. Ces extrémités, qu'on nomme des *périjones*, paraissent avoir un mouvement direct ou dirigé de l'occident à l'orient.



Le plan de l'orbe du premier satellite semble coïncider avec celui de Jupiter. Il n'en est pas de même des orbes du second, du troisième et du quatrième satellite: ils font avec le plan de cette orbite des angles appréciables.

Les inclinaisons des plans dans lesquels ces satellites se meuvent rendent compte de phénomènes qui sans cela seraient inexplicables : de la non-disparition, par exemple, du quatrième satellite dans un grand nombre de ses oppositions avec le Soleil.

Ajoutons que les intersections des plans des orbites des satellites avec le plan de l'orbite de Jupiter, ou les lignes qu'on a appelées *lignes des nœuds*, ne sont pas toujours dirigées vers les mêmes étoiles.

Si l'on prend pour unité le rayon de l'équateur de Jupiter, les distances moyennes des satellites au centre de la planète et les durées de leurs révolutions sidérales seront :

	Distance au centre de Jupiter.	Durées des révolutions sidérales.	
Premier satellite.......	6.05	1j.77 ou	1j 18h 28m
Deuxième.............	9.62	3.55	3 13 14
Troisième.............	15.35	7.15	7 3 43
Quatrième............	26.00	16.69	16 16 32

Il résulte de ces nombres que les habitants de Jupiter voient circuler autour du centre de leur planète et à une distance de 108,000 lieues, une lune ayant un diamètre apparent plus grand que celui de la Lune terrestre, qui s'éclipse régulièrement après des intervalles égaux à 1 jour 3/4 environ. Ce mouvement rapide, pour

le dire en passant, fournit sur le globe de Jupiter un moyen très-précis de déterminer les longitudes.

En examinant attentivement les mêmes nombres, on trouve que les carrés des temps des révolutions de deux quelconques de ces satellites sont entre eux comme les cubes de leurs distances moyennes à Jupiter; en d'autres termes que les temps des révolutions sont entre eux comme les racines carrées des cubes des distances des satellites au centre de la planète.

Cette loi remarquable, la troisième de Kepler, nous l'avons retrouvée lorsque nous avons comparé les temps des révolutions des planètes autour du Soleil aux cubes des grands axes de leurs orbites (liv. XVI, chap. VI, t. II, p. 223).

Des observations très-délicates ont paru conduire à la conséquence que chaque satellite tourne sur lui-même dans un temps égal à celui qu'il emploie à faire sa révolution autour de la planète. Ces quatre lunes présenteraient un phénomène analogue à celui que nous avons trouvé pour la Lune terrestre, celui de montrer toujours la même face au centre de Jupiter : c'est là, à ce qu'il semble, comme nous le verrons en nous occupant de Saturne, une loi générale qui paraît s'observer dans les mouvements de tous les satellites.

Une étude approfondie des temps des révolutions des satellites et de leurs positions relatives en longitude a conduit à des rapports très-simples dans lesquels l'esprit se complaît et que, par cette raison, nous ne pouvons pas nous dispenser de mentionner ici.

Première loi. — Le moyen mouvement du premier

satellite, plus deux fois celui du troisième, est égal à trois fois le moyen mouvement du second.

Deuxième loi. — La longitude moyenne du premier satellite, moins trois fois celle du second, plus deux fois celle du troisième, est toujours égale, à très-peu près, à 180°.

Cette dernière loi conduit à la conséquence que les trois premiers satellites de Jupiter ne peuvent pas être éclipsés simultanément. En effet, dans le cas d'une pareille éclipse, les longitudes des trois satellites seraient à très-peu près les mêmes : la longitude du premier, plus deux fois celle du troisième, moins trois fois celle du second, donnerait 0 et non pas 180°.

Les temps des révolutions des quatre satellites de Jupiter et les dimensions apparentes de leurs orbites auxquelles Galilée s'arrêta étaient entachés de fort graves erreurs. C'est à Peyresc et à ses collaborateurs, Gassendi et Gautier, que l'on doit les premières déterminations quelque peu exactes de ces éléments. C'est en s'appuyant sur les nombres donnés par les observateurs de la ville d'Aix, que l'astronome hollandais Vendelinus constata que la troisième loi de Kepler se vérifiait dans le petit système dont Jupiter occupe le centre. Jean-Dominique Cassini eut le mérite de fixer, avec une beaucoup plus grande précision que ses prédécesseurs, les temps des révolutions de ces petits astres et les grandeurs relatives des courbes qu'ils parcourent. Ces résultats ont été ultérieurement perfectionnés par Wargentin, et surtout par Delambre, à la suite de la discussion d'un nombre immense d'observations qui ont servi de base



aux tables dont les astronomes lui sont redevables. C'est enfin aux magnifiques travaux de Laplace que l'astronomie moderne doit de connaître les lois si simples qui règlent les mouvements et les positions relatives des petits astres qui circulent autour de Jupiter.

CHAPITRE XIII

DÉTERMINATION DES LONGITUDES TERRESTRES PAR L'OBSERVATION DES ÉCLIPSES DES SATELLITES DE JUPITER

Le moment de l'entrée définitive d'un satellite dans le cône d'ombre de Jupiter, le moment où il commence à en sortir, ont été regardés comme des phénomènes instantanés, visibles au même instant dans tous les points pour lesquels Jupiter se trouve alors au-dessus de l'horizon; la comparaison des observations faites d'un de ces phénomènes dans deux lieux différents en heures de ces lieux, sera propre à faire connaître la différence de leurs longitudes.

Envisagées sous ce point de vue, les éclipses des satellites peuvent être considérées comme un moyen très-utile de perfectionner la géographie.

En supposant que l'on soit parvenu à prédire les immersions et les émersions des satellites avec la précision des observations mêmes, on n'a plus besoin, pour trouver la longitude d'un lieu, d'observations correspondantes, les éclipses peuvent alors servir à diriger le voyageur dans sa marche. En effet, c'est à la prédiction donnée pour un méridien connu, qu'on pourra com-

parer les observations qu'on aura eu l'occasion de faire.

Les immersions et les émersions des satellites de Jupiter semblent donc conduire à une solution directe et simple du problème des longitudes; mais on vient de voir que c'est à la condition que le voyageur peut emporter, à l'avance, l'indication des heures où ces phénomènes doivent arriver sous le premier méridien, sous celui de Paris, par exemple. Cette condition n'était pas aussi facile à remplir que se l'étaient imaginé les inventeurs de la méthode.

Les satellites ne se meuvent pas uniformément autour de Jupiter, ils sont assujettis à des perturbations dépendantes de leurs positions mutuelles, et dont il est absolument nécessaire de tenir compte, lorsqu'on vise à quelque précision. Ces perturbations, pour la plupart, avaient été reconnues à l'aide des observations avant que la théorie les rattachât aux lois de la pesanteur universelle.

Maintenant, grâce aux progrès de cette théorie, les tables des satellites servent à prévoir les immersions et les émersions avec une grande exactitude. Il ne reste plus pour fournir aux navigateurs les moyens de se diriger dans la vaste étendue des mers à l'aide de ces petits astres, que de trouver un procédé pour les observer avec des lunettes ayant des grossissements suffisants; problème que les agitations du navire rendent très-difficile et qui n'a pas encore été résolu d'une manière satisfaisante.

Ajoutons, quant aux déterminations obtenues même à terre, qu'une immersion du satellite doit arriver lors-

qu'une petite portion du disque est encore en dehors du cône d'ombre ; or cette portion n'est la même pour deux observateurs que dans le cas où leur vue a le même degré de sensibilité. L'éclipse réelle différera aussi d'autant plus de l'éclipse apparente que la lunette employée dans l'observation aura plus de lumière. Les deux causes que nous venons de citer doivent produire des effets inverses à l'émersion. Les résultats n'en seront indépendants que si l'on compare pour les deux lieux dont on veut déterminer la différence de longitude, un nombre précisément égal d'immersions et d'émersions des mêmes satellites.

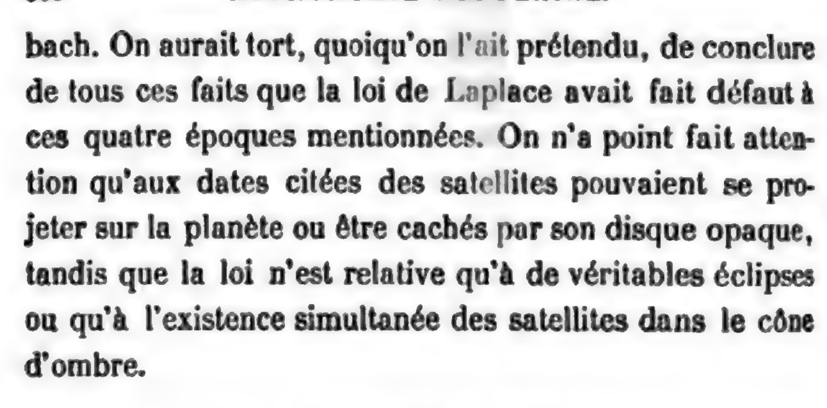
L'idée de faire servir les configurations, et surtout les éclipses des satellites de Jupiter à la détermination des longitudes, paraît s'être présentée de très-bonne heure à Galilée; tel fut l'objet des communications avortées qui s'établirent d'abord entre le philosophe florentin et les États de Hollande, et ensuite avec la cour d'Espagne. Pour donner à sa méthode l'exactitude à laquelle il aspirait, Galilée fit par lui même et par ses élèves un nombre prodigieux d'observations. Renieri, religieux olivetain, en était le dépositaire. On a prétendu qu'à sa mort des agents de l'Inquisition s'en emparèrent; mais il ne faut calomnier personne, pas même les agents de l'Inquisition. Il résulte du récit de Nelli dans la vie de Galilée, récit fondé sur une déclaration des parents de l'astronome florentin, que la spoliation du cabinet de Renieri doit être imputée à un certain chevalier Joseph-Augustin Pisano, qui avait été présent à la mort de Renieri, et dans les mains duquel se trouvèrent l'horloge et le télescope du

religieux olivetain. Quoi qu'il en soit de cette accusation, les manuscrits de Renieri rentrèrent, on ne sait trop quand ni comment, dans la bibliothèque de Florence, dite Palatine, d'où ils ont été extraits et publiés, quant à leurs parties essentielles, par M. Alberi, après avoir donné lieu, en Italie, au débat le plus animé et le moins courtois.

C'est grâce aux grands perfectionnements introduits par Laplace dans la théorie des mouvements des satellites de Jupiter que l'on a pu arriver à calculer plusieurs années à l'avance l'heure où ces satellites doivent s'éclipser ou reparaître, et à donner cette indication dans les éphémérides nautiques.

Les rapports que nous avons indiqués comme liant entre eux les mouvements moyens des trois premiers satellites et leurs longitudes moyennes, ont été découverts par l'auteur de la *Mécanique céleste*, et justement appelés les *lois de Laplace*. Pour faire disparaître ce que de pareilles lois auraient d'extraordinaire, l'auteur a démontré qu'il a suffi à l'origine que les mouvements et les positions des satellites satisfissent à peu près à cette égalité pour devenir dans la suite rigoureusement exactes.

Il résulte, comme nous l'avons vu plus haut (ch. XII, p. 363), de la première loi de Laplace que les trois premiers satellites de Jupiter ne sauraient être éclipsés à la fois. Cependant Molyneux aperçut, le 2 novembre (vieux style) 1681, Jupiter sans aucun satellite. Le 23 mai 1802, sir William Herschel fit une observation analogue. Ce phénomène a été remarqué, le 15 avril 1826, par M. Wallis, et le 27 septembre 1843, par M. Gries-


bach. On aurait tort, quoiqu'on l'ait prétendu, de conclure de tous ces faits que la loi de Laplace avait fait défaut à ces quatre époques mentionnées. On n'a point fait attention qu'aux dates citées des satellites pouvaient se projeter sur la planète ou être cachés par son disque opaque, tandis que la loi n'est relative qu'à de véritables éclipses ou qu'à l'existence simultanée des satellites dans le cône d'ombre.

CHAPITRE XIV

LES SATELLITES PEUVENT-ILS ÊTRE APERÇUS A L'ŒIL NU ?

On a beaucoup agité la question de savoir si, dans les circonstances les plus favorables, les satellites de Jupiter peuvent être aperçus à l'œil nu. On conçoit que dans le cas d'une réponse affirmative, on pourrait soutenir que l'antiquité les a connus.

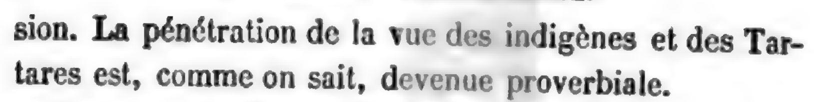
Dans les planches d'une Encyclopédie japonaise, dont la première édition remonte à une époque bien antérieure à celle de l'invention des lunettes, Jupiter est figuré ayant à ses côtés deux petites étoiles; mais ce dessin ne prouve pas grand'chose, et il est certain que les Japonais ajoutent aux textes de leurs plus anciens ouvrages, quand ils les réimpriment, les documents qu'ils ont reçus de leurs communications avec les Hollandais; la circonstance que Jupiter est dessiné avec deux et non avec quatre satellites, peut bien paraître difficile à expliquer, sans pour cela qu'elle soit décisive quant à la visibilité de ces petits astres sans le secours de lunettes.

J'ai entendu raconter qu'il existait à Hambourg, vers le commencement de ce siècle, deux sœurs qui voyaient nettement et sans difficulté ceux des quatre satellites qui s'éloignent le plus de la planète. Mais toute vérification faite, il fut établi qu'il y avait là une supercherie. Un astronome célèbre ayant soumis les deux observatrices à l'épreuve de l'expérience, reconnut qu'elles voyaient à droite de Jupiter ce qui était à gauche, et réciproquement; dès lors il resta avéré qu'elles se guidaient sur les dessins contenus, pour chaque jour de l'année, dans les Éphémérides de Berlin, lesquelles, pour la commodité des astronomes qui généralement emploient des lunettes à deux verres convexes ou renversant les objets primitifs, présentent les satellites et la planète, non tels qu'ils sont réellement, mais tels qu'ils paraissent dans ces instruments.

Quelle influence sur la visibilité doit-on attribuer à l'étendue des couches atmosphériques traversées par les rayons de Jupiter et des satellites?

Je trouve dans une lettre de mon ami Boussingault, de 1835, que, pendant son séjour à Bogota, ni lui, ni son compagnon Rivero, ne parvinrent à voir à l'œil nu les satellites de Jupiter, quoiqu'ils fussent à la hauteur de 2,640 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Wrangel rapporte qu'en Sibérie il rencontra un chasseur du pays qui, lui montrant Jupiter, lui dit : « Je viens de voir cette grosse étoile en avaler une petite et la vomir peu de temps après. » C'était, suivant le célèbre voyageur russe, une immersion et l'émersion subséquente du troisième satellite à laquelle le chasseur faisait allu-



sion. La pénétration de la vue des indigènes et des Tartares est, comme on sait, devenue proverbiale.

Mon ami de Humboldt a récemment transcrit, dans son *Cosmos*, une note de Boguslawski, directeur de l'Observatoire de Breslau, relative à un maître tailleur de cette ville qui apercevait, à l'œil nu, deux des satellites, le troisième et le premier; malheureusement M. Boguslawski ne dit point de quelles précautions il s'entoura pour s'assurer que le tailleur Schœn ne le trompait pas.

Au reste, la visibilité des satellites de Jupiter pour quelques personnes, et la non-visibilité pour le plus grand nombre, est un fait dont il faut chercher l'explication, s'il est vrai que deux de ces satellites, le troisième et le premier, mais surtout le troisième, doivent être assimilés aux étoiles de sixième grandeur, c'est-à-dire à la classe de ces astres qui peuvent toujours être aperçus à l'œil nu. Voici comment j'essayai, dans une séance de l'Académie des sciences de 1843, de rattacher ce phénomène à la forme des objets très-lumineux observés sans le secours d'aucun instrument d'optique :

« Quand on regarde Jupiter à l'œil nu, cette planète semble formée d'un point central fort lumineux, d'où partent, dans tous les sens, des rayons divergents. Ces rayons sont plus ou moins longs. Il existe, sous ce rapport, d'énormes différences entre tel et tel observateur : chez l'un, les rayons ne dépassent pas trois, quatre ou cinq minutes de degré; chez d'autres, ils s'étendent à douze ou quinze minutes. Pour tout le monde, les satellites se trouvent donc ordinairement noyés dans une fausse lumière.

« Si nous supposons maintenant que l'image de Jupiter, dans certains yeux exceptionnels, s'épanouisse seulement par des rayons d'une minute ou de deux minutes d'amplitude, il ne semblera plus impossible que les satellites soient de temps en temps aperçus sans avoir besoin de recourir à l'artifice de l'amplification. Pour vérifier cette conjecture, j'ai fait construire une petite lunette dans laquelle l'objectif et l'oculaire ont à peu près le même foyer, et qui dès lors ne grossit point. Cette lunette ne détruit pas entièrement les rayons divergents, mais elle en réduit considérablement la longueur. Eh bien, cela a suffi, dès le premier essai, pour qu'un satellite (le troisième), convenablement écarté de la planète, soit devenu visible. Le fait a été constaté par tous les jeunes astronomes de l'Observatoire, MM. E. Bouvard, Laugier, Mauvais, Goujon, Faye.

« Dès qu'on a établi que les satellites de Jupiter peuvent être aperçus sans grossissement d'aucune sorte, il est évident que l'œil qui réduira les rayons divergents de l'image de la planète à la longueur que ces rayons conservent dans la petite lunette non grossissante, découvrira ces faibles astres tout aussi bien que les yeux ordinaires le font en employant l'instrument. Tout porte à croire qu'il existe des yeux naturellement doués de cette perfection : des yeux qui dépouillent les images des objets éloignés et les plus brillants de presque toute fausse lumière. »

CHAPITRE XV

PASSAGE DES OMBRES SUR LE DISQUE DE LA PLANÈTE — TACHES DES SATELLITES — ROTATION DE CES ASTRES.

La première observation qu'on ait faite du passage de l'ombre d'un satellite sur le disque de Jupiter appartient à Dominique Cassini, et remonte à l'année 1664.

L'observation des taches ou permanentes ou momentanées, qui existent à la surface des satellites, observation qui n'est possible qu'à l'époque où ces petits astres se projettent sur le disque de Jupiter, paraît avoir été faite en Italie, pour le quatrième satellite, dès l'année 1665, par Dominique Cassini (*Mémoires de l'Académie des sciences*, de 1714). Elle ne remonte, d'une manière authentique, qu'à l'année 1677, et doit être attribuée à Cassini et à Rœmer. Depuis, cette observation a été souvent renouvelée, notamment par Maraldi, qui aperçut, en 1707, des taches appartenant au quatrième et au troisième satellite. On voit aussi des observations de taches de ces deux mêmes satellites, dans un Mémoire de Messier, publié en 1768, dans les *Transactions philosophiques*, et ensuite dans la *Connaissance des temps* de 1804. Les recueils de Schrœter intitulés *Beiträge* renferment des observations analogues. Ces observations prouvent qu'il y a identité entre la composition physique des satellites et celle de la planète autour de laquelle ils circulent.

Herschel présenta, en 1797, à la Société royale de Londres, les résultats des nombreuses observations qu'il

avait faites sur les intensités et les grandeurs comparatives des satellites de Jupiter. Il résultait de ces observations que les intensités lumineuses des satellites sont très-variables et que les grandeurs apparentes de ces astres changent aussi beaucoup.

Les variations de grandeur et d'intensité prouvaient évidemment que les satellites sont parsemés de taches plus ou moins réfléchissantes et qu'ils tournent sur eux-mêmes.

En recourant à une opération graphique, en marquant sur les quatre orbites les places où, pendant une longue période, chaque satellite s'était montré à son maximum et à son minimum de grandeur, Herschel reconnut que ces phénomènes se reproduisent toujours vers les mêmes régions. Comme la Lune, les satellites de Jupiter tournent donc sur eux-mêmes dans un temps égal à celui qu'ils emploient à faire leur révolution autour de la planète.

Je ne saurais expliquer pourquoi, à l'occasion des taches des satellites aperçues pendant le passage de ces astres sur le globe de Jupiter, sir John Herschel ne cite que Schrœter et Harding : des observations de ce genre, comme on a vu, avaient été faites bien antérieurement.

Les taches des satellites n'ont jamais été aperçues lorsque ces petits astres sont en dehors de la planète, quelles qu'aient été la puissance et la perfection de l'instrument qu'on appliquait à cette observation ; elles se voient, au contraire, très-aisément, même quand les satellites parcourent une partie de leur orbite se projetant sur le disque de Jupiter. Ce phénomène est très-digne d'attention, car, ainsi que le dit Bailly : « Les taches

sont les détails d'une surface; or, il est assez étrange de distinguer les détails de choses dont l'ensemble échappe à la vue par la petitesse. » Malheureusement, après cette remarque très-juste, le célèbre auteur de l'*Histoire de l'Astronomie* se livre, pour expliquer le fait observé, à des considérations complétement inintelligibles. Voyons si nous ne pourrions pas le rattacher à des causes déjà étudiées et en déduire quelque chose d'utile.

Il est reconnu qu'un objet lumineux très-petit n'est jamais bien terminé, qu'il se présente comme une agglomération de lumière presque informe d'où partent des rayons divergents dans tous les sens et plus ou moins étendus. Par des causes dépendantes de la conformation de nos yeux et qui ne sont pas encore parfaitement analysées, ces rayons divergents disparaissent dans une lunette lorsque l'objet lumineux sous-tend un angle sensible; c'est ainsi, pour citer la planète la plus brillante, que le bord de Vénus paraît bien terminé et sans aucune trace de rayons divergents qui seraient aperçus si l'on voyait isolément chacun des points de ce bord. Faisons maintenant une application de ces faits avérés au cas où l'on observe un satellite de Jupiter.

Le satellite paraît-il en dehors de la planète, son image sera confuse et entourée de rayons divergents qui se projetteront sur les taches, s'il en existe, et les rendront invisibles. Le satellite correspond-il à la planète, le disque de ce satellite se dessine nettement, quelque petit qu'il soit; les rayons divergents disparaissent; rien ne vient plus couvrir les taches noires, et dès lors elles deviennent apparentes par le contraste qui existe entre

leur peu de lumière et celle des parties environnantes.

Si cette manière d'envisager le phénomène est fondée, nous en déduirons un moyen expérimental de démontrer l'existence des taches par une observation directe et dans des positions où jusqu'ici on n'avait pu constater leur présence que par voie d'induction.

Ce moyen, nous le trouverons dans l'emploi d'une lunette prismatique ou à double image. Supposons que le troisième satellite soit situé à l'orient du disque de Jupiter, la lunette prismatique fournira deux images de la planète et de son satellite : l'une dans sa position naturelle; l'autre, provenant de la réfraction extraordinaire du cristal, se trouvera située à l'occident de la première, par exemple. Rien de plus aisé que de faire projeter la seconde image du troisième satellite sur le disque lumineux de la planète correspondant à la première image. Les causes de confusion dans l'image de ce satellite auront, dès ce moment, disparu. Seulement le contraste lumineux, en vertu duquel la tache devenait visible dans l'observation ordinaire, sera moins sensible. En effet, dans la portion correspondante à la tache, l'image du satellite est éclairée par une lumière égale à celle de la première image de Jupiter.

Dans les régions qui entourent la tache, l'image du satellite se compose de sa lumière propre ajoutée à la lumière du disque de la planète. En supposant que la matière du satellite ait une vertu réfléchissante égale à celle de la matière de Jupiter et que la tache n'émette aucun rayon, il y aura entre les lumières qui nous feront voir les diverses parties du disque du satellite, le rapport

de 1 à 2, ce qui est plus que suffisant pour nous faire distinguer les différentes régions de ce satellite actuellement bien terminées.

Il sera curieux de rechercher si, en se projetant sur notre lumière atmosphérique, qui peut être considérée comme un disque planétaire lumineux indéfini, les satellites sont dépouillés des rayons factices qui les entourent lorsqu'on les voit sur un fond obscur, et si alors leurs taches deviennent visibles. On pourrait aussi éclairer de nuit le champ de la lunette d'une lumière artificielle dont on ferait varier l'intensité à volonté et répéter les mêmes observations.

Je ne dois pas négliger de citer deux résultats d'observations qui, en les supposant exacts, ne se concilieraient pas aisément avec l'explication précédente. Je les emprunte à un travail de Messier. « Plus, dit cet astronome, une tache appartenant au troisième satellite s'approchait du bord de la planète, plus elle diminuait de grandeur, et je cessais de la voir avant qu'elle eût atteint le bord de Jupiter. » (Observation du 6 septembre 1760.)

« Le 14 juillet 1771, une tache sur le troisième satellite cessa, dit Messier, d'être visible près du bord de la planète. » (*Connaissance des temps pour l'année* 1804, p. 415 et 420.)

Les taches des satellites, dont l'existence a été démontrée par les passages de ces petits astres sur le corps de Jupiter, servent à expliquer les changements d'intensité lumineuse auxquels ils sont assujettis. Il suffit de supposer que la matière des satellites ou celle de leurs atmosphères ne sont pas également propres sur tous les

points à réfléchir la lumière solaire, et qu'ils tournent sur eux-mêmes, de manière à présenter à la Terre toutes les parties de leur surface.

CHAPITRE XVI

GRANDEURS APPARENTES DES SATELLITES TRÈS-VARIABLES ET CONSÉQUENCES QU'ON A DÉDUITES DE CE FAIT

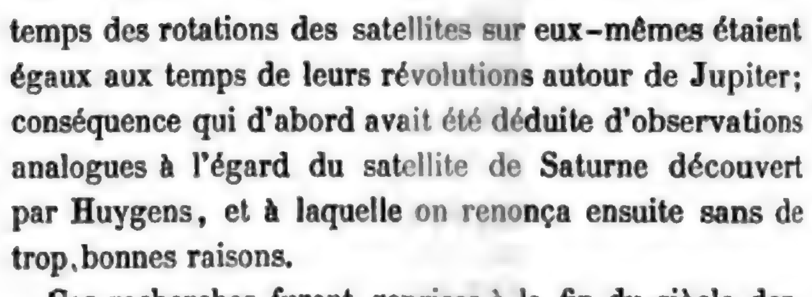
L'ordre suivant lequel les satellites doivent être rangés d'après leurs intensités comparatives est perpétuellement variable. Le troisième est ordinairement le plus intense ; le quatrième devient quelquefois si faible qu'il disparaît presque entièrement, ainsi que cela résulte d'une observation de Bianchini, communiquée à l'Académie des sciences et citée par Maraldi dans son Mémoire de 1714.

Suivant des comparaisons récentes faites par M. Galle et rapportées par M. de Humboldt, le troisième satellite de Jupiter doit être assimilé, dans son maximum d'éclat, à une étoile de cinquième à sixième grandeur ; les autres, dont la lumière est variable, oscillent entre le sixième et le septième ordre d'éclat.

Suivant William Herschel, le premier satellite est celui qui éprouve ces changements au plus haut degré.

Cassini avait déjà observé que les changements de grandeurs apparentes « se répétaient vers les mêmes positions des satellites relativement à Jupiter et au Soleil. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, t. 1er, p. 266.)

Cette remarque conduisait, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, à la conclusion que les



temps des rotations des satellites sur eux-mêmes étaient égaux aux temps de leurs révolutions autour de Jupiter; conséquence qui d'abord avait été déduite d'observations analogues à l'égard du satellite de Saturne découvert par Huygens, et à laquelle on renonça ensuite sans de trop bonnes raisons.

Ces recherches furent reprises à la fin du siècle dernier par Herschel et Schrœter. L'un et l'autre de ces habiles astronomes, en comparant les grandeurs relatives des satellites, ont déterminé les points des orbites où chacun d'eux acquiert son maximum d'éclat. Il est résulté de leur travail, qui ne pourra être repris avec avantage que lorsque la photométrie aura fait de nouveaux progrès, que ces maxima s'observent pour chacun de ces petits astres dans les mêmes points de son orbite, et dès lors, que les mouvements de révolution des satellites sur eux-mêmes et les mouvements de révolution de la planète centrale sont égaux entre eux. Quelques observations qui ne s'accordent pas avec cette loi ne sauraient l'infirmer. Les anomalies dépendent certainement de changements physiques momentanés, arrivés à la surface ou dans l'atmosphère des satellites.

Suivant Herschel, le premier satellite est au milieu de son maximum d'éclat, quand il atteint le point de l'orbite à peu près milieu entre la plus grande digression orientale et la conjonction ; la face la plus brillante du second satellite regarde aussi la Terre quand ce petit astre est entre la plus grande élongation orientale et la conjonction ; pour le troisième satellite, il y a deux maxima d'éclat, et ils s'observent aux deux élongations ;

le quatrième ne brille d'une vive lumière qu'un peu avant et un peu après l'opposition.

Des observations analogues, faites à Berlin par Mædler et Beer, de décembre 1835 à avril 1836, ont confirmé, autant que l'imperfection de la méthode pouvait le comporter, le résultat obtenu par Herschel et Schrœter pour le premier, le second et le quatrième satellite, assujettis tous les trois à de fortes variations d'intensité. Quant au troisième, qui reste toujours le plus brillant, les auteurs ont cru ne pas pouvoir se prononcer définitivement.

Notons à ce sujet que, déjà en 1707, Maraldi remarquait que le troisième satellite subissait de telles variations d'éclat, que quelquefois il était égal aux autres et même devenait plus petit. (*Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1707, page 295.)

S'il était permis d'accorder une foi complète à des faits négatifs, une remarque de Dominique Cassini prouverait, encore mieux que les changements d'intensité dans l'éclat des satellites, l'existence d'atmosphères fortement réfringentes autour de plusieurs de ces petits astres. Ce célèbre astronome disait, en effet, dans l'année 1678 (*Mémoires de l'Académie des sciences*, t. Ier, p. 266), qu'il n'avait pu apercevoir quelquefois l'ombre du premier satellite, quoiqu'il eût parfaitement distingué ses taches et par conséquent le satellite lui-même. Dans ce cas, comme on l'a supposé, la lumière du Soleil, réfractée par l'atmosphère du satellite, aurait pénétré dans le cône d'ombre; mais si cette explication était réelle, pourquoi l'ombre ne serait-elle effacée que quelquefois? Il est vrai que dans les éclipses totales de notre Lune,

les deux rayons solaires qui vont éclairer le disque varient considérablement d'intensité, suivant la constitution de l'atmosphère terrestre. Les mêmes causes produiraient-elles de semblables effets à l'égard de l'atmosphère du premier satellite de Jupiter? Des mesures exactes des diamètres de l'ombre qu'il projette pourront éclaircir la question. On voit que ces mondes éloignés présentent encore bien des problèmes à résoudre à nos successeurs.

CHAPITRE XVII

COULEURS DES SATELLITES

Quoique les satellites ne brillent pas d'une lumière propre, quoiqu'ils empruntent leur éclat au Soleil, ils ne paraissent pas de la même nuance, soit à cause des propriétés spéciales de la matière solide dont ils sont formés, soit par un effet de leur atmosphère. William Herschel a trouvé : que la teinte du premier satellite est le blanc plus ou moins vif; que celle du second passe du blanc cendré au blanc bleuâtre; que le troisième est toujours blanc; que le quatrième enfin paraît quelquefois orangé, quelquefois rougeâtre.

Mædler et Beer ont vu une couleur bleuâtre distincte dans toutes leurs observations du quatrième satellite; le troisième avait une teinte jaune. La lumière du premier et du second, surtout quand ces deux satellites étaient près du troisième, tirait sur le bleu.

On voit combien ces derniers résultats diffèrent de ceux d'Herschel; le fait de la coloration de la lumière

des satellites mérite donc d'être soumis à de nouvelles vérifications pendant lesquelles il sera indispensable que l'observateur se précautionne avec soin contre les effets de contraste.

CHAPITRE XVIII

PASSAGE DES SATELLITES SUR LE DISQUE DE JUPITER

L'observation des satellites lumineux sur le corps même de Jupiter a été faite la première fois par Dominique Cassini[1], puis ensuite par Maraldi. Celui-ci faisait, dans les *Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1707, la remarque que le satellite, très-visible près du bord oriental et près du bord occidental, comme une tache lumineuse, disparaissait près du centre, sa lumière se confondant alors avec celle de la planète. Cette observation, quoique Maraldi ne le remarque pas, est une véritable mesure photométrique. Le satellite se voit près du bord de Jupiter parce que la lumière y est faible et que là son éclat prédomine sur celui de la planète. Il disparaît au centre parce que sa nuance et son éclat sont alors les mêmes que ceux de la portion de la planète qu'ils nous cachent, les mêmes que la nuance et l'intensité des parties lumineuses dont il est entouré.

1. Hérigone avait proposé en 1644 de substituer, pour la détermination des longitudes aux éclipses des satellites, leurs passages par le centre du disque de Jupiter. Cassini objectait (tome VIII des *Mémoires de l'Académie*) que l'observation proposée par Hérigone n'était pas exécutable, attendu, disait-il, que les satellites ne se voyaient pas lorsqu'ils se projetaient sur le centre de la planète.

Pound fit des observations analogues en 1719, comme on peut le voir dans les *Transactions philosophiques*. Voici comment s'exprime l'astronome anglais : « J'ai vu plusieurs fois le premier et le second satellite apparaître non comme d'obscures taches, mais comme des points brillants, tant soit peu plus vifs que Jupiter, peu après leur entrée sur le disque de la planète, mais ils s'effaçaient en approchant du milieu. »

Un Mémoire de Messier, qui parut d'abord dans les *Transactions philosophiques* de 1767, puis dans la *Connaissance des temps de l'an* XV, renferme les deux observations que je vais rapporter.

Le 19 août 1760, le premier satellite qui se projetait sur la planète était d'autant plus visible, qu'il s'approchait davantage du bord.

Le 22 août 1760, le deuxième satellite ne devint visible qu'alors seulement qu'il fut éloigné du bord de la planète d'un huitième de son diamètre.

La lunette prismatique fournit un moyen de répéter cette observation avec des circonstances différentes et dépendantes de ce fait qu'alors c'est une image qui se projette sur la planète et non pas un écran matériel empêchant la lumière devant laquelle il se place, d'arriver à l'œil. A l'aide de cette lunette, on peut projeter tout satellite appartenant à l'image extraordinaire, par exemple, sur un point quelconque du disque de la planète provenant de l'image ordinaire.

J'ai trouvé, dans nos registres, des observations de ce genre et je n'y ai pas vu sans surprise que le satellite, très-visible vers le bord, disparaissait vers le centre,

c'est-à-dire dans un point où sa lumière, ajoutée à celle de la planète, devait former une somme double de la lumière environnante. Je ne donne pas cette observation pour parfaitement exacte, mais elle mérite certainement d'être répétée. J'ose prédire que si on la fait avec de la lumière préalablement polarisée, ce qui produira les moyens de faire varier une des images par tous les degrés possibles, elle conduira à des résultats intéressants.



LIVRE XXVIII

VITESSE DE LA LUMIÈRE ET ABERRATION

CHAPITRE PREMIER

AVANT-PROPOS

Le lecteur qui comparera les minutieux détails dans lesquels j'ai cru devoir entrer pour rendre compte de la découverte de Rœmer, relative à la détermination de la vitesse de la lumière par l'observation des éclipses des satellites de Jupiter, à ce qui se trouve à ce sujet dans les traités de physique ou d'astronomie les plus renommés, se demandera sans doute si de tels détails étaient nécessaires ; pour ma part, je n'hésite pas à affirmer que les explications abrégées données par la plupart de mes prédécesseurs ne portent pas la conviction dans l'esprit de la généralité des élèves. C'est après m'être assuré par moi-même de l'insuffisance des quelques phrases dans lesquelles on a cru pouvoir renfermer la théorie du célèbre astronome danois, que je me suis décidé à la beaucoup développer.

CHAPITRE II

REMARQUES SUR LES PHÉNOMÈNES QUE PRÉSENTENT LES ÉCLIPSES DES SATELLITES DE JUPITER

Nous rappellerons d'abord que Jupiter étant un corps opaque doit projeter, à l'opposite du Soleil, un cône

d'ombre dont l'axe est la ligne qui joint les centres de ces deux astres et dans lequel la lumière du Soleil ne pénètre pas; nous rappellerons aussi que les satellites n'étant pas lumineux par eux-mêmes, ne brillant que de la lumière du Soleil réfléchie, doivent disparaître lorsque cette lumière ne les atteint plus ou qu'ils ont pénétré dans le cône d'ombre. Cela posé, plaçons dans une seule et même figure (fig. 331) le Soleil S, la Terre T et Jupiter

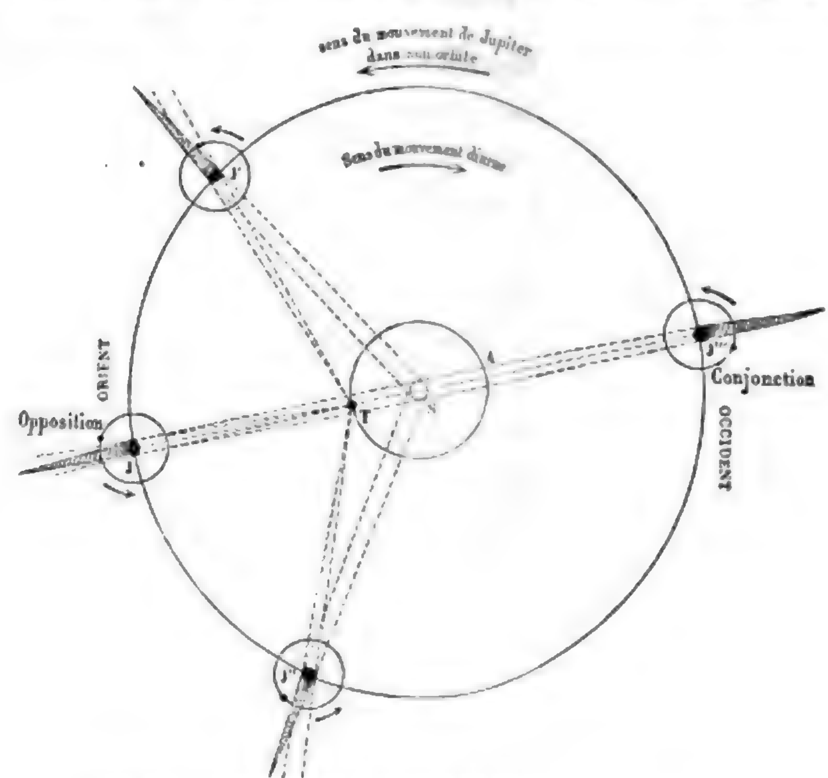


Fig. 331. — Explication de la visibilité des immersions et des émersions des satellites de Jupiter dans le cône d'ombre.

J, J′, J″, J‴, dans les positions diverses qu'ils peuvent occuper aux différentes époques d'une année.

Il ne faut pas oublier que si la Terre T est située entre

Jupiter et le Soleil et sur la ligne droite qui joint ces deux astres, Jupiter étant opposé au Soleil arrive au méridien précisément à minuit, et qu'on dit alors de la planète qu'elle est *en opposition*. Si la Terre est toujours placée sur la ligne qui joint Jupiter au Soleil non plus dans une situation intermédiaire entre les deux astres, mais dans la position TSJ‴, l'observateur situé sur la Terre voit Jupiter dans la région du firmament qu'occupe le Soleil, et les deux astres passent au méridien au même instant ou à midi; alors Jupiter est dit *en conjonction*.

Soit dans la figure l'occident à droite, l'orient à gauche; le mouvement diurne s'exécute de gauche à droite; le mouvement de Jupiter lorsqu'il ira de la conjonction à l'opposition, s'exécutera de l'occident à l'orient ou de droite à gauche; celui du satellite s'opérera aussi de droite à gauche ou de l'occident à l'orient dans la portion de l'orbite où se trouve le cône d'ombre.

Quand Jupiter est en opposition, dans la position STJ, alors on ne peut voir ni les disparitions ni les réapparitions du premier satellite. Ce satellite traverse le cône d'ombre dans des points qui sont évidemment cachés par le corps opaque de Jupiter, car dans un cône la base est plus grande que toutes les sections semblables et circulaires comprises entre cette base et le sommet.

Si Jupiter est situé dans une position J′ quelconque, comprise entre la conjonction et l'opposition, le point dans lequel le satellite pénétrera dans le cône d'ombre ne sera pas visible de la Terre; le point par lequel il sortira du cône d'ombre, au contraire, sera visible et l'on pourra noter le moment de sa réapparition, ou, pour me servir

de l'expression technique, le moment de son émersion. Dans cette position de la planète et dans toutes celles qui sont comprises entre J''' et J où Jupiter est en conjonction, on ne peut donc observer que les émersions. Le contraire aura lieu si nous considérons Jupiter placé en un point quelconque J'' situé entre l'opposition et la conjonction; alors on ne voit que la limite du cône d'ombre par laquelle le satellite pénétrera et les points de disparition ou les immersions seules seront visibles; les émersions s'opéreront dans des points cachés par le corps opaque de la planète.

Dans la figure 331 nous avons supposé, pour plus de simplicité, la Terre immobile en T et Jupiter parcourant toute son orbite. Les phénomènes s'expliqueront maintenant de la même manière si l'on admet les mouvements réels de la Terre et de Jupiter autour du Soleil. Alors à une conjonction TSJ''' (fig. 332) succède une opposition ST'J'' après un peu plus de six mois, puis vient une nouvelle conjonction T''SJ' suivie elle-même d'une opposition ST'''J, etc. La Terre allant de T à T' dans son orbite, voit tous les phénomènes précédemment décrits se passer autour de Jupiter qui se transporte de J''' en J''.

Le temps qui s'écoule entre deux immersions successives du même satellite de Jupiter est exactement égal au temps qui s'écoule entre deux émersions : ce temps est ce qu'on appelle *révolution synodique*.

Concevons l'orbe du satellite partagé en 360°; un diamètre quelconque de cet orbe, celui qui passe par 0 et 180°, par exemple, reste toujours parallèle à lui-même, même pendant le déplacement de Jupiter; le

temps que le satellite emploie à revenir au même degré de son orbite est ce qu'on nomme la *révolution sidérale*.

Il est bon de chercher comment ces deux durées sont liées entre elles, comment l'une peut être déduite de l'autre.

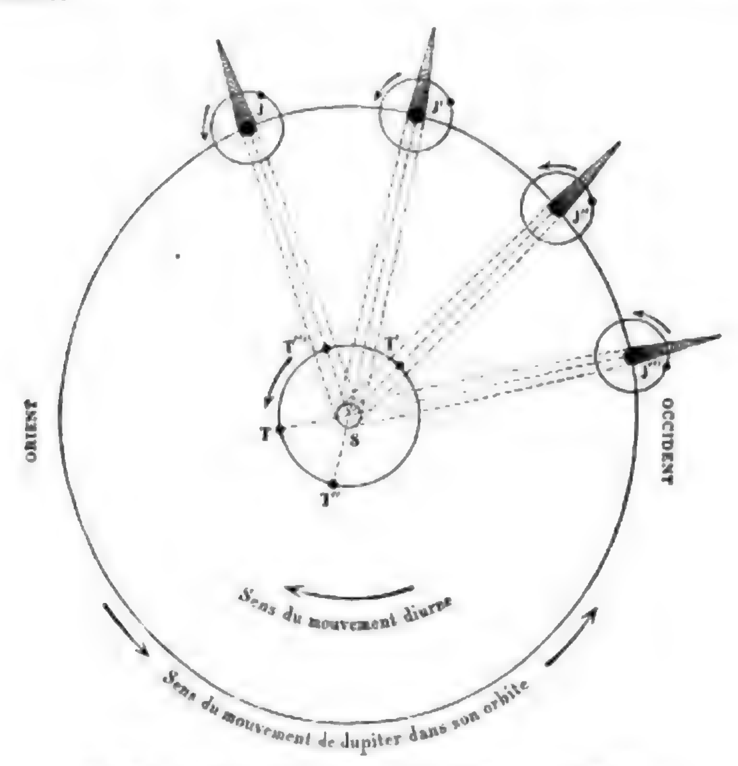


Fig. 332. — Mouvements relatifs réels de la Terre et de Jupiter.

Le cône d'ombre ne reste pas parallèle à lui-même pendant le mouvement de Jupiter : il se déplace angulairement chaque jour d'une quantité qui est égale au mouvement de Jupiter dans son orbite vu du Soleil. Or, comme le mouvement de Jupiter dans son orbite est à peu près uniforme, la durée de la révolution synodique surpasse la durée de la révolution sidérale du satellite de a même quantité, quelle que soit la position de Jupiter

que l'on considère. Si le satellite se meut uniformément autour de la planète, les temps qui s'écouleront entre deux retours consécutifs du satellite aux limites du cône

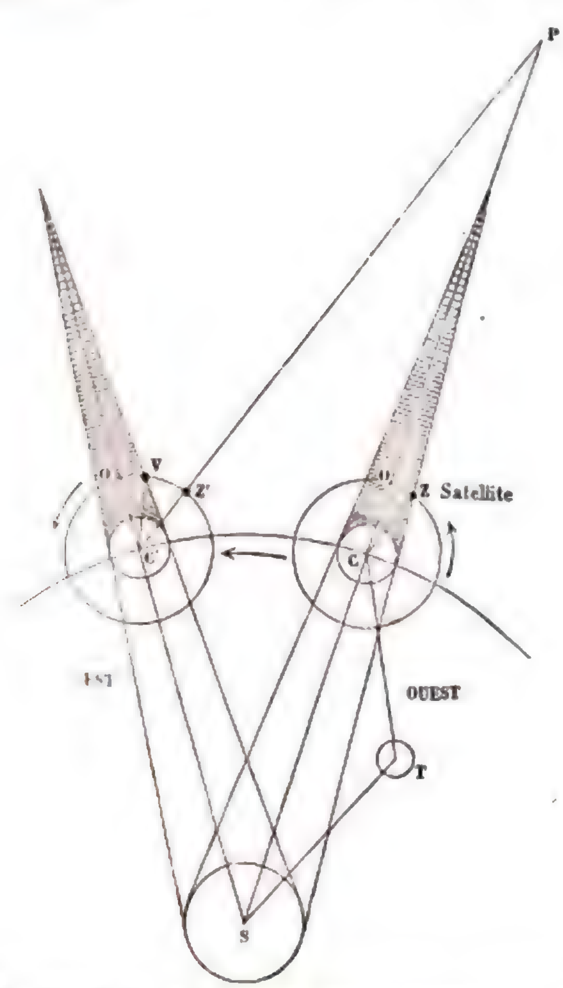


Fig. 333. — Relation entre la révolution sidérale et la révolution synodique des satellites de Jupiter.

d'ombre, entre deux immersions ou entre deux émersions, seront égaux entre eux quoique un peu plus longs que la durée de la révolution sidérale.

Une révolution périodique ou sidérale du satellite est

achevée quand l'astre est revenu au même point physique, au même degré de son orbite. Cette révolution sidérale est plus courte que la révolution synodique, que la révolution rapportée au cône d'ombre. En effet, d'après la manière dont Jupiter se déplace de l'ouest à l'est, la ligne CZ (fig. 333) qui aujourd'hui, au moment de l'immersion, joignait le centre de Jupiter au satellite, reste parallèle à elle-même. Quand Jupiter s'est transporté en C′, le point Z se trouve en Z′ sur la ligne C′Z′ parallèle à CZ. Ce point Z′ n'est plus sur la limite de l'ombre ; le satellite parvenu en Z′ doit encore parcourir l'arc Z′V avant de s'éclipser. Reste maintenant à trouver la valeur de VZ′ ou de l'angle VC′Z′. Cet angle est l'excès de O′C′Z′ sur O′C′V, ou, ce qui revient au même, l'excès de O′C′Z′ sur OCZ. Cet excès est évidemment égal à l'angle CSC′ dont Jupiter s'est mû dans son orbite autour du Soleil entre les deux observations, car l'angle O′C′Z′ est égal à C′PC + C′SC ou bien à OCZ + C′SC; donc O′C′Z′ — OCZ est égal à C′SC, si le mouvement de Jupiter est uniforme, ce qui est à peu près vrai à cause du peu d'excentricité de l'orbe.

CHAPITRE III

INFLUENCE DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE SUR LES VALEURS OBSERVÉES DE LA RÉVOLUTION SYNODIQUE DES SATELLITES DE JUPITER

La question que nous nous proposons de résoudre est la suivante : la durée de la révolution synodique déterminée par l'observation des immersions ou des émersions

est-elle toujours la même, et, dans le cas de la négative, quelle est l'influence de la vitesse de la lumière sur ces durées?

Il est évident qu'aux époques de l'année où les distances de Jupiter à la Terre restent à peu près constantes, les durées des révolutions synodiques déduites des observations des émersions ou des immersions des satellites doivent être indépendantes de la vitesse de la lumière, puisque cette vitesse affectera également deux observations consécutives. Or, il y a deux époques dans l'année où, pendant plusieurs jours successifs, la distance de Jupiter à la Terre reste à peu près la même : ces époques sont celles qui précèdent ou qui suivent les moments des conjonctions et des oppositions. On s'en convaincra en plaçant sur deux cercles concentriques dont le Soleil occupera le centre commun (fig. 334), deux astres qui soient en conjonction ou en opposition. Ainsi les lignes T*a*, T*a*′, T*a*″, sont très-peu différentes entre elles ; il en est de même des lignes T*b*, T*b*′, T*b*″ qui ne diffèrent que très-peu ; au contraire, toutes ces lignes sont ou beaucoup plus grandes ou beaucoup plus petites que la ligne T*c*. On s'assurera encore mieux de la vérité du fait par l'observation micrométrique du diamètre de Jupiter, lequel restera constant pendant un certain nombre de jours avant ou après les deux époques susmentionnées.

Il est plus évident encore, par les mesures du diamètre angulaire de Jupiter et par celles de l'angle sous-tendu par l'élongation du satellite, que près de l'opposition et près de la conjonction, la distance de la planète et celle du

satellite à la Terre ne varient presque pas, de manière qu'à cette époque les durées de la révolution du satellite, ou les intervalles compris entre deux immersions successives, doivent être indépendantes de la vitesse de la lumière, car cette vitesse affecterait également les deux observations comparées. On pourra donc, à l'aide d'une immersion et d'une émersion observées un certain nombre

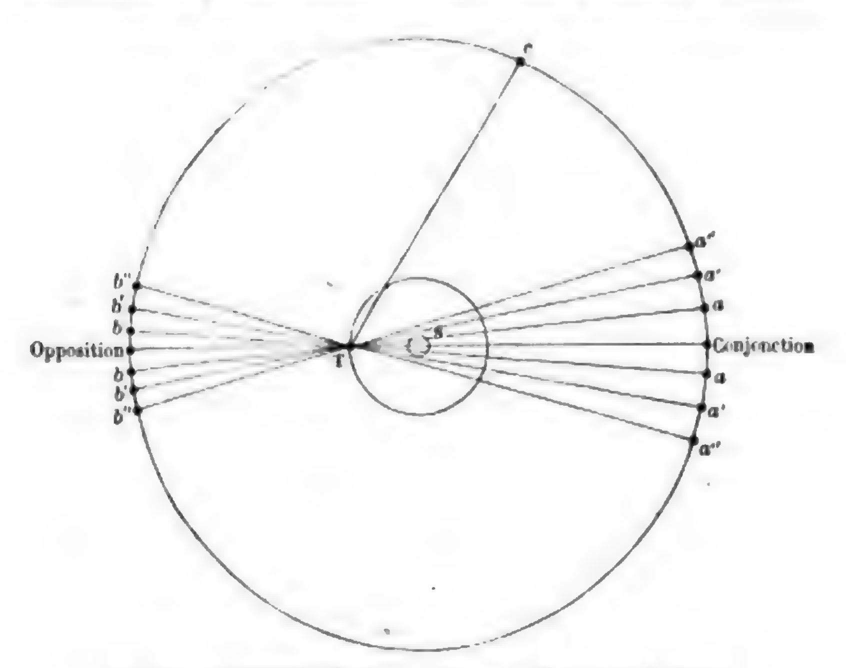


Fig. 334. — Variations des distances moyennes de la Terre à Jupiter aux diverses époques.

de jours avant ou après la conjonction ou l'opposition, déterminer celle qui a dû avoir lieu dans ces positions remarquables et que des causes physiques, déjà signalées, nous empêchent d'observer directement.

Il est bien entendu que si l'on compare les durées des révolutions synodiques déduites des observations faites près des oppositions ou des conjonctions, on les trouvera

différentes de celles qu'on calculerait d'après les observations faites dans d'autres positions, dans les quadratures, par exemple.

Examinons présentement de combien a varié la distance de Jupiter à la Terre, de l'opposition à la conjonction. De T en J (fig. 331, p. 386), distance de la Terre à Jupiter en opposition, il y a une valeur égale à la demi-différence entre les diamètres des orbites de Jupiter et de la Terre. La distance de T en J''', ou la distance de la Terre à Jupiter en conjonction, se compose du diamètre TA de l'orbite terrestre, augmenté de la différence AJ''' qui, comme TJ, est la demi-différence des diamètres des deux orbites; donc la différence entre la distance de Jupiter à la Terre en conjonction à la distance de Jupiter à la Terre en opposition, est égale à TA, double de 38 millions de lieues ou de la distance moyenne du Soleil à la Terre.

Ajoutons encore une remarque qui nous sera très-utile: le temps que Jupiter paraît employer à aller de la conjonction à l'opposition est exactement égal au temps dont il a besoin pour aller de l'opposition à la conjonction; puisque le temps réel de la révolution du satellite est toujours le même, il devra y avoir de la conjonction à l'opposition un nombre d'immersions exactement égal à celui des émersions qui s'effectueront entre le jour de l'opposition et celui de la conjonction. En outre, connaissant toutes les circonstances du mouvement d'un satellite autour de la planète, on peut déduire facilement de l'observation de l'époque d'une immersion visible, l'instant exact de l'émersion invisible suivante, ou réciproquement.

CHAPITRE IV

EXEMPLE FAMILIER DESTINÉ A FAIRE COMPRENDRE LES CONSIDÉRATIONS QUI ONT CONDUIT A LA DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE PAR L'OBSERVATION DES ÉCLIPSES DES SATELLITES DE JUPITER

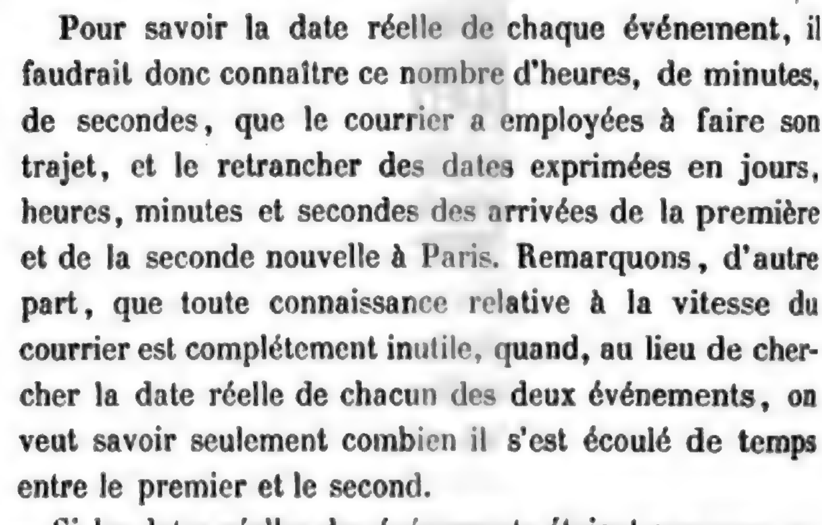
Pour donner une entière évidence aux considérations qui ont conduit à la détermination de la vitesse de la lumière, nous allons d'abord prendre un exemple familier.

Supposons qu'un événement ait lieu à Orléans et qu'à l'instant même un courrier soit dépêché pour en porter la nouvelle à Paris.

L'heure de l'arrivée de la nouvelle à Paris sera égale à l'heure où l'événement a eu lieu à Orléans, augmentée du nombre d'heures, de minutes, de secondes que le courrier aura mis à franchir l'intervalle compris entre les deux villes.

Un second événement a lieu à Orléans, le lendemain, le surlendemain, un jour quelconque. Je suppose que le courrier qui en porte la nouvelle à Paris marche exactement comme le premier courrier, je veux dire avec la même vitesse, ni plus ni moins.

L'heure à laquelle on apprendra cette seconde nouvelle à Paris se composera évidemment de l'heure où le second événement est arrivé, augmentée du nombre d'heures, de minutes, de secondes que le second, ou, ce qui revient au même, que le premier courrier a employées à franchir la distance des deux villes.



Pour savoir la date réelle de chaque événement, il faudrait donc connaître ce nombre d'heures, de minutes, de secondes, que le courrier a employées à faire son trajet, et le retrancher des dates exprimées en jours, heures, minutes et secondes des arrivées de la première et de la seconde nouvelle à Paris. Remarquons, d'autre part, que toute connaissance relative à la vitesse du courrier est complétement inutile, quand, au lieu de chercher la date réelle de chacun des deux événements, on veut savoir seulement combien il s'est écoulé de temps entre le premier et le second.

Si les dates réelles des événements étaient connues, on retrancherait le plus petit nombre du plus grand, et tout serait dit. Les dates de l'arrivée des courriers sont ces dates réelles augmentées d'une même quantité. Or, la différence de deux nombres ne change pas quand on les augmente l'un et l'autre d'une même quantité. Donc l'intervalle réel des deux événements s'obtiendra en retranchant simplement de la date de l'arrivée du second courrier, la date de l'arrivée du premier.

Pour l'exactitude de ce résultat, il faut et il suffit que les deux courriers aient marché avec une égale vitesse et qu'ils aient eu le même chemin à parcourir. Il n'est donc pas nécessaire que les deux événements soient arrivés dans la même ville. Le calcul serait évidemment tout aussi légitime en l'appliquant à des événements arrivés dans deux villes différentes, pourvu que ces deux villes fussent également éloignées de Paris.

Passons maintenant au cas où les deux courriers ont eu à parcourir des chemins d'inégales longueurs pour

aller à Paris, au cas où les événements dont ils apportent les nouvelles ne sont pas arrivés dans deux villes situées à la même distance de la capitale. Prenons, pour fixer les idées, Orléans et Bourges que nous supposerons situées sur une ligne droite partant de Paris.

Le premier événement est arrivé dans la ville la plus voisine de Paris, à Orléans; le second dans la ville la plus éloignée, à Bourges. Si le courrier parti de cette dernière ville avait employé, pour aller à Paris, le même temps que le courrier d'Orléans, nous aurions, comme tout à l'heure, l'intervalle réel des deux événements, en retranchant de la date de l'arrivée du courrier de Bourges la date de l'arrivée du courrier d'Orléans. Mais le courrier de Bourges est arrivé à Paris plus tard que dans cette hypothèse, de tout le temps qu'il a mis à parcourir la distance de Bourges à Orléans. La soustraction donnera donc, dans ce cas, l'intervalle réel des deux événements, augmenté du temps que le courrier a employé à parcourir la distance qui sépare Bourges d'Orléans, c'est-à-dire la ville la plus éloignée de la ville la plus rapprochée.

Si le second événement était arrivé dans la ville la plus rapprochée de Paris, il faudrait retrancher de la date correspondante à l'arrivée du courrier d'Orléans la date de l'arrivée du courrier de Bourges. Cette fois-ci, ce serait le nombre à soustraire qui se trouverait trop grand de toute la durée du trajet du courrier entre Bourges et Orléans. Soustraire un nombre trop grand d'un autre, c'est rendre la différence trop petite. Donc, en soustrayant de la date de l'arrivée du courrier d'Or-

léans la date de l'arrivée du courrier de Bourges, on aura l'intervalle réel des deux événements diminué du temps que le courrier a employé à parcourir la distance des deux villes.

Admettons enfin que, par la nature même des choses, nous sachions que l'intervalle réel des deux premiers événements est exactement égal à l'intervalle réel des deux autres. Les deux différences obtenues par les soustractions, faites convenablement, des dates constatant les arrivées des quatre courriers, seront l'une plus grande, l'autre plus petite que l'intervalle réel des deux événements, précisément de la même quantité : cette quantité est le temps du trajet du courrier entre Bourges et Orléans.

CHAPITRE V

DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE PAR LES ÉCLIPSES DES SATELLITES DE JUPITER

Revenons maintenant aux satellites de Jupiter pour appliquer à la détermination de la vitesse de la lumière les principes précédents.

Les événements comparés seront une immersion de satellite ayant eu lieu le jour de la conjonction et une immersion subséquente correspondante au jour de l'opposition.

Dans une seconde comparaison, nous prendrons pour premier événement l'émersion qui a lieu le jour de l'opposition, et, pour second événement, l'émersion correspondante au jour de la conjonction.

Le courrier, porteur de la première nouvelle, est le rayon de lumière qui, en partant de J (fig. 335), est arrivé en A. Le second courrier est celui qui, partant de J''', est de même arrivé en A.

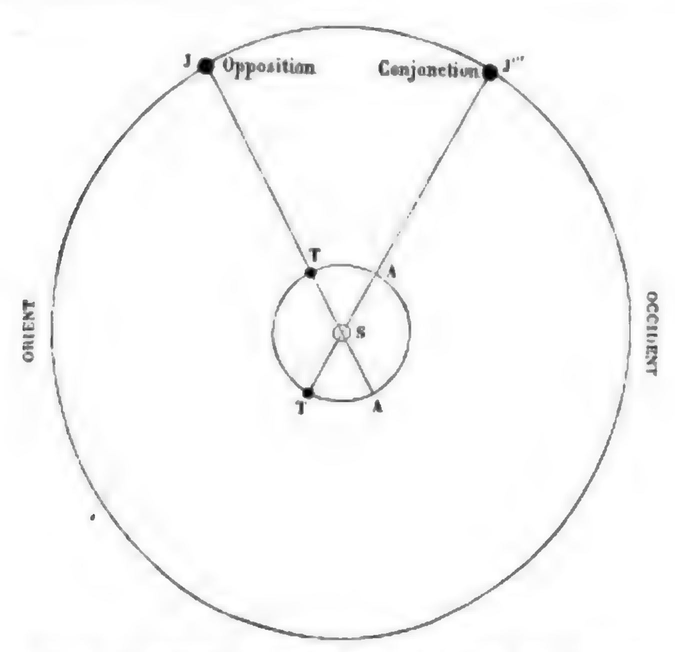


Fig. 335. — Détermination de la vitesse de la lumière par les éclipses des satellites de Jupiter.

Le second terme de comparaison se forme ainsi. Le courrier, ou le rayon de lumière, a eu à parcourir, pour apporter la nouvelle de l'émersion observée en J''', l'intervalle TJ'''. Le second courrier, donnant les nouvelles de la seconde émersion, a parcouru l'intervalle TJ.

L'intervalle compris entre les immersions correspondantes à J et à J''' étant le même, en réalité, que l'intervalle entre les émersions comprises entre J''' et J, il devra y avoir entre ces deux intervalles une différence égale au temps que le courrier lumineux a employé à

parcourir la différence des deux distances TJ et TJ''', c'est-à-dire égale au temps dont la lumière a besoin pour franchir l'intervalle TA. C'est, comme on le voit, de point en point l'application des résultats obtenus quand nous comparions les nouvelles données par des courriers partis d'Orléans et de Bourges.

La différence entre les deux intervalles dont nous venons de parler est-elle sensible et au-dessus des erreurs d'observations ?

A cette question nous répondrons que cette différence est considérable, et qu'elle va jusqu'à $16^m 32^s$. La lumière emploie donc $16^m 32^s$ à parcourir le diamètre tout entier de l'orbite terrestre; il lui faut $8^m 16^s$ pour franchir la moitié de cet intervalle, ou pour venir du Soleil à la Terre.

Voici à l'aide de quelles vérifications on s'assure que l'explication que nous avons donnée est très-fondée.

L'intervalle compris entre deux immersions ou deux émersions du premier satellite augmente si la vitesse de la lumière n'est pas infinie, lorsque Jupiter s'éloigne de la Terre; cet intervalle diminue, au contraire, quand il se rapproche, d'une quantité égale au temps que la lumière emploie à parcourir l'intervalle dont la planète s'est approchée ou s'est éloignée de la Terre entre les deux observations. Or, la quantité dont Jupiter se rapproche de la Terre depuis la conjonction jusqu'à l'opposition, et la quantité dont il s'éloigne depuis l'opposition jusqu'à la conjonction pendant la durée de la révolution synodique d'un satellite, sont très-faciles à calculer ; on pourra donc appliquer à ces révolutions la

correction dépendante de la vitesse de la lumière dans la supposition qu'il faille 8^{m} 16^{s} pour que la lumière franchisse l'intervalle qui sépare le Soleil de la Terre.

Quand on a opéré ces corrections, on trouve que les révolutions synodiques des satellites sont exactement égales entre elles. Cette parfaite égalité justifie l'explication à laquelle nous nous étions arrêté ; elle montre de plus que la lumière a dû se mouvoir uniformément dans toute l'étendue de l'espace compris par l'orbite de Jupiter.

CHAPITRE VI

HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

La détermination de la vitesse prodigieuse avec laquelle la lumière se meut dans l'espace est un des plus beaux résultats de l'astronomie moderne. Les anciens croyaient cette vitesse infinie. Cette opinion fut partagée par Descartes au XVIIe siècle. La pensée que la lumière doit employer un temps quelconque pour se propager se trouve indiquée dans le deuxième livre du *Novum organum* de François Bacon.

Les diverses déterminations obtenues par les astronomes furent, du reste, longtemps très-discordantes. Duhamel donnait environ un quart d'heure pour le temps que la lumière emploie pour parcourir le rayon moyen de l'orbite terrestre ; Horrebow trouva 14^{m} 7^{s}, Cassini 14^{m} 10^{s}, Newton 7^{m} 30^{s}, Delambre 8^{m} 13^{s}. Le nombre de 8^{m} 16^{s} que nous adoptons, étant le temps employé à franchir une distance de 38,230,496 lieues de 4,000

mètres, correspond à une vitesse de 77,076 lieues par seconde.

La découverte proprement dite de la mesurabilité de cette vitesse a été faite en 1675 par Rœmer, qui a calculé une valeur approchée du temps que met à nous parvenir la lumière réfléchie par le premier satellite de Jupiter.

On est étonné, en étudiant l'histoire de l'astronomie, de voir que Jean-Dominique Cassini, qui avait d'abord, conjointement avec Rœmer, admis la propagation successive de la lumière pour faire concorder les éclipses observées vers l'opposition avec celles qu'on observe près de la conjonction, ait renoncé à cette théorie. Mais il faut remarquer, à la décharge du grand astronome, que le mouvement de révolution synodique du premier satellite avait seul l'uniformité indiquée par la théorie, et de plus que les éclipses des autres satellites ne s'observaient pas avec toute la précision désirable, à cause de la lenteur de leur mouvement et de leur passage dans le cône d'ombre.

CHAPITRE VII

ABERRATION DES ÉTOILES

Toutes les étoiles éprouvent des déplacements annuels liés à la position de la Terre dans son orbite, à la situation de ces astres relativement au plan de l'écliptique. Ces déplacements s'enchaînent suivant des lois mathématiques très-remarquables. Une étoile située au pôle de l'écliptique paraît décrire tous les ans, c'est-à-dire

exactement pendant la durée de la révolution de la Terre autour du Soleil, une circonférence de cercle dont le rayon est de 20″.44.

Si l'on suppose l'écliptique et ce petit cercle divisés l'un et l'autre en 360 degrés qui se correspondent, l'étoile sera toujours à 90° de la position que la Terre occupe. Ainsi, la Terre étant à 0° de son orbite, l'étoile est située au 90ᵉ degré de la courbe suivant laquelle elle paraît se déplacer. Quand la Terre vient occuper le 90ᵉ degré de l'écliptique, l'étoile se voit au 180ᵉ degré de sa petite orbite annuelle, et ainsi de suite.

Considérons maintenant une étoile placée non plus au pôle, mais dans le plan même de l'écliptique : celle-là semblera osciller suivant une ligne droite entièrement située dans le même plan et dont la longueur sera de 40″.88.

Aux deux époques de l'année séparées par un intervalle de six mois, pendant lequel la Terre paraît marcher soit pour s'approcher, soit pour s'éloigner de l'étoile, l'astre occupe le milieu de cette ligne droite de 40″.88 de longueur apparente.

Les plus grandes excursions de 20″.44 à droite ou à gauche de ce point milieu correspondent aux moments où la Terre, dans son mouvement de circulation autour du Soleil, est parvenue aux deux extrémités du diamètre de l'orbite terrestre qui, prolongé, passerait par l'étoile.

Envisageons enfin des étoiles situées entre l'écliptique et son pôle. Chacune d'entre elles décrira une ellipse d'autant plus aplatie qu'elle sera plus près du plan de

l'écliptique, et d'autant plus voisine d'être un cercle qu'elle se rapprochera davantage du pôle de cette même écliptique. Le plus grand diamètre de toutes ces courbes sera invariablement de 40″.88.

De la circonstance que les étoiles décrivent des courbes différentes, et dont les grands axes sont diversement orientés, il résulte géométriquement que leurs distances angulaires respectives changent continuellement pendant une période de 365 jours 1/4, et qu'après que l'année est révolue, tout revient à l'état primitif.

On a expliqué très-ingénieusement ces déplacements annuels, quant à leurs valeurs numériques et aux directions suivant lesquelles ils s'opèrent, par la combinaison du mouvement de la Terre et du mouvement de la lumière. On leur a donné le nom d'*aberration*.

CHAPITRE VIII

THÉORIE DE L'ABERRATION

Pour rendre intelligible l'explication de l'aberration, nous prendrons d'abord un exemple familier.

Soit le tube CD (fig. 336). Supposons qu'on le ferme dans sa partie supérieure par une mince plaque métallique percée dans son centre d'une très-petite ouverture A, et que, dans la partie correspondante de l'ouverture inférieure, se trouve placée une petite plaque opaque B de la largeur de l'ouverture A, qui soit maintenue dans sa position par des traverses aboutissant aux côtés du tube. Supposons enfin qu'une molécule soit lancée dans

l'intérieur du tube par l'ouverture supérieure A, et demandons-nous quelle direction doit avoir le tube pour qu'en arrivant à son extrémité inférieure ladite molécule soit arrêtée par la petite plaque B? Il y a ici plusieurs cas à considérer. Admettons en premier lieu, pour fixer

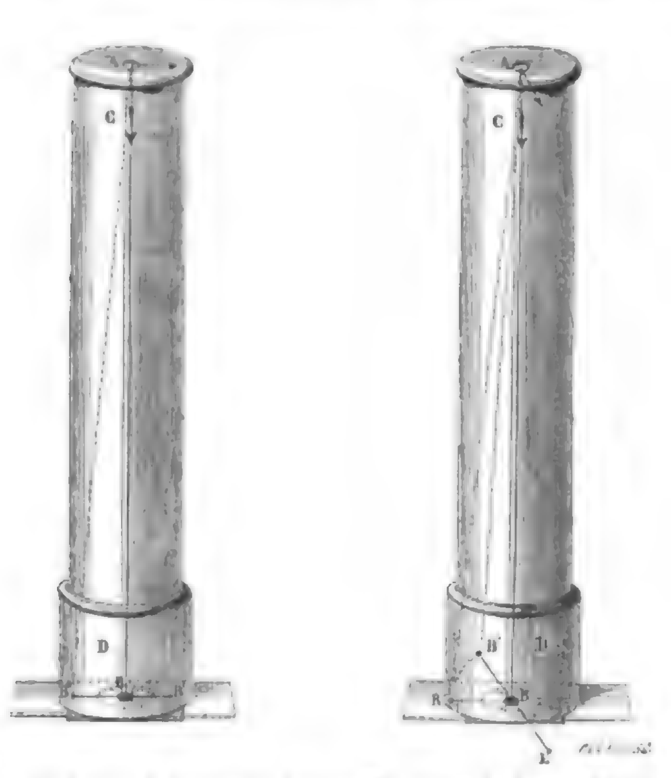


Fig. 336. — Explication de l'aberration dans le cas de deux mouvements perpendiculaires.

Fig. 337. — Explication de l'aberration dans le cas de mouvements obliques.

les idées, que le tube soit immobile et que la molécule se meuve verticalement, que ce soit, par exemple, une goutte de pluie tombant par un temps parfaitement calme. Il est alors évident que pour satisfaire à la condition de rencontrer la plaque B, la ligne AB devra être verticale; c'est alors seulement que la molécule qui a traversé la



plaque supérieure tombera en B en arrivant à la limite inférieure du tube, n'ayant pas quitté la ligne AB dans son mouvement descendant. Ainsi, dans ce cas, l'axe du tube fera connaître la direction AB suivant laquelle la molécule l'a parcouru. Il n'en sera pas ainsi si le tube est animé d'un mouvement de translation, et si cette vitesse de translation est dans un rapport appréciable avec la vitesse dont est animée la molécule.

Imaginons d'abord que ce mouvement de translation du tube s'exécute de gauche à droite, de manière que chacun de ses points ne sorte pas d'une ligne perpendiculaire à AB. Admettons que pendant le temps dont la molécule a besoin pour parcourir l'espace vertical AB, la plaque inférieure du tube et, par conséquent, le point B s'avance d'une petite quantité BB′ ; ce sera à gauche de cette plaque B, considérée par rapport au tube, en un point B″, BB″ étant égal à BB′, que la molécule parviendra à l'extrémité inférieure du tube; elle ne sera plus arrêtée par la plaque B qu'elle ne rencontrera pas; pour que cette rencontre eût lieu, il aurait fallu qu'au moment du passage de la molécule tombant par l'ouverture A, la plaque B fût située non plus dans la verticale AB, mais sur la ligne AB″, AB étant à BB″ comme la vitesse de la molécule tombante est à la vitesse de chaque point du tube mesurée dans une direction perpendiculaire à AB.

La ligne AB″ satisfaisant à la condition que la molécule pénétrant dans le tube par l'ouverture A, serait arrêtée par la plaque en B″, n'indiquerait pas, dans ce cas, la direction de la chute de la molécule.

Supposons maintenant que chaque point du tube se meuve avec la vitesse précédente, non plus perpendiculairement à la ligne AB, mais dans une direction oblique et parallèle à la ligne BE (fig. 337). Dans ce cas, si l'on veut que la molécule qui a passé par l'ouverture A soit arrêtée par la plaque B lorsque cette plaque parviendra en E, il faudra d'abord que la plaque ne se trouve pas originairement sur la ligne AB; que, de plus, elle soit en un point B′ situé à gauche de cette ligne AB, et que les deux côtés AB et BB′ du triangle ABB′ soient entre eux comme la vitesse de la molécule est à la vitesse du point B; ce sera alors seulement que la molécule, en arrivant en B, y rencontrera la plaque B.

Il faudra bien remarquer que l'angle BAB′, que nous venons de déterminer pour le cas du mouvement oblique du tube, est plus petit pour des vitesses égales que l'angle correspondant au mouvement du tube perpendiculaire à la ligne AB; en effet, ce dernier angle se déterminerait, ainsi qu'on l'a vu précédemment, en menant par le point B une ligne perpendiculaire à BA, et prenant sur cette ligne un point R éloigné de AB d'une quantité égale à BE, ce qui place le point R à gauche du point B′.

Il est un cas, outre celui que nous avons déjà considéré du repos absolu du tube, dans lequel la ligne AB restant verticale jouira de la propriété que la molécule passant par A rencontre la petite plaque inférieure : ce sera celui où le tube, quelle que soit sa vitesse, se meut précisément dans la direction BA.

Tout ce que nous venons de dire d'une molécule matérielle passant par l'ouverture A et aboutissant au repère

inférieur B, pourra s'appliquer sans modification au cas où l'on observe une étoile avec une lunette. La molécule matérielle tombante deviendra alors une molécule lumineuse partant de l'étoile ; l'ouverture A sera le centre optique de l'objectif; enfin la plaque B sera le point de croisement des deux fils opaques placés au foyer derrière lequel l'image observée de l'astre vient se placer et même disparaître quelquefois.

Les rayons qui tombent sur l'objectif, tout autour de son centre optique, ne font que changer l'intensité de l'image totale sans altérer en rien l'exactitude de la comparaison que nous avons cherché à établir entre le tube et la lunette.

Voyons maintenant si le rapport entre la vitesse de la Terre et la vitesse de la lumière est assez grand pour que, dans le maximum d'effet, la ligne AB s'éloigne sensiblement de celle qui aboutit à l'étoile.

Si la Terre est une planète, elle parcourt tous les ans une orbite à peu près circulaire dont le rayon est de 38 millions de lieues, et dont la circonférence par conséquent est égale à 239 millions de lieues ; en divisant ce nombre par celui des secondes dont l'année se compose, on trouve que la Terre parcourt en une seconde de temps 7 lieues 6 dixièmes, tandis que la lumière franchit dans le même intervalle 77,000 lieues. La vitesse de la Terre se trouve ainsi être en nombre rond la dix-millième partie de la vitesse de la lumière. En revenant à la figure 336, dans laquelle la ligne AB est perpendiculaire à la direction BB″, nous aurons AB est à BB″ comme 10,000 est à 1. On trouve ainsi par la trigonométrie ou par une

simple construction graphique que l'angle B″AB égale 20″.44 de degré.

La belle théorie que nous venons d'exposer est due à Bradley.

Il résulte de tout ceci, comme on voit, que si la Terre se meut, la ligne AB (fig. 338), ou l'axe optique de la



Fig. 338. — Effet de la combinaison de la vitesse de la lumière et de la vitesse de la Terre sur la position apparente des étoiles.

lunette, n'indique pas la direction suivant laquelle les rayons de lumière d'un astre *e* nous parviennent. On voit même que dans le cas où les rayons nous arrivent perpendiculairement à la direction A*f* suivant laquelle la Terre se meut, l'étoile *e*, à en juger par la direction de

la ligne AB″, paraîtra en e' de 20″.44 plus avancée que sa position réelle, comme si le mouvement de la Terre l'avait refoulée dans le sens où notre globe se meut.

Quand la Terre, considérée dans notre écliptique, se déplacera du nord au sud, l'étoile paraîtra au midi de sa véritable place; elle semblera au nord de cette même place lorsque la Terre, à six mois d'intervalle, se mouvra du midi au nord. Si l'on considère la Terre quand elle se meut de l'occident à l'orient, l'étoile paraîtra à l'orient de sa véritable place, et, quand après six mois d'intervalle, notre mouvement s'effectuera d'orient à l'occident, ce sera à l'occident de sa véritable place que l'étoile semblera située.

Remarquons maintenant qu'il résulte d'une multitude d'observations que nous avons rapportées, que les dimensions de l'orbite parcourue par la Terre sont insensibles relativement à la distance des étoiles, en sorte que tous les phénomènes qu'on observe dans les positions que la Terre vient occuper sur tous les points de son orbite seraient exactement les mêmes si un observateur était placé au centre de l'écliptique. Eh bien, supposons qu'un astronome occupe cette position centrale et qu'il observe une étoile située sur une perpendiculaire au plan de l'orbite terrestre; en d'autres termes, une étoile située au pôle de l'écliptique. En vertu du mouvement d'aberration, quand la Terre se mouvra du nord au midi, l'étoile sera à 20″.44 au midi de sa position réelle; quand la Terre se mouvra du midi au nord, l'étoile paraîtra à 20″.44 au nord de sa véritable position; cette même étoile paraîtra à 20″.44 à l'est ou à 20″.44 à l'ouest

de la place qu'elle occupe réellement, lorsque la Terre se mouvra de l'ouest à l'est ou de l'est à l'ouest. Un raisonnement semblable s'appliquerait aux tangentes diversement orientées que la Terre parcourt dans l'intervalle d'une année. Il est clair que si l'on fait passer une courbe par toutes les positions apparentes de l'étoile, elle sera une circonférence de cercle ayant pour centre le pôle de l'écliptique et dont le rayon égalera 20″.44. Si l'on divise ce cercle et celui que la Terre parcourt dans le plan de l'écliptique en 360 degrés qui se correspondent en ce sens que les divisions analogues seront situées dans une série de plans perpendiculaires au plan de l'écliptique et passant par la ligne des pôles, ce qui s'effectuera en menant à la ligne aboutissant au pôle de l'écliptique et par les deux divisions, 360 plans, il est évident que la position apparente de l'étoile sur la circonférence de cercle qu'elle semble parcourir annuellement, sera toujours à 90° de la place que la Terre occupe dans son orbite.

On a vu que c'est là précisément une des lois expérimentales déduites par Bradley de l'ensemble de ses admirables observations. L'accord ne serait pas moins parfait, si, au lieu de prendre une étoile située au pôle de l'écliptique, nous choisissions un astre situé dans l'écliptique ou dans toute autre position intermédiaire.

On demandera peut-être comment on connaît la position réelle d'une étoile? Je répondrai qu'elle est invariablement au milieu de deux positions diamétralement opposées; que le plus grand diamètre des orbites apparentes étant de 40″.88, c'est à 20″.44 d'une des deux extrémités qu'est la vraie place de l'étoile.

CHAPITRE IX

HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DE L'ABERRATION

Picard est, je crois, le premier qui ait reconnu qu'une étoile, la Polaire, subissait des déplacements sensibles dont la période était d'une année, et qui ne pouvaient pas être attribués à la parallaxe annuelle ; mais c'est Bradley qui a eu le mérite de constater que toutes les étoiles éprouvaient de pareils mouvements ; c'est à lui que revient aussi l'honneur infini d'en avoir assigné les lois et trouvé les causes physiques.

La découverte de l'aberration, de son observation, de sa théorie, est sans contredit l'une des plus belles découvertes dont l'astronomie moderne puisse se glorifier.

Dans l'explication de l'aberration, quelques auteurs, Euler, entre autres, se servent de la composition des mouvements qui s'opèrent dans l'œil. Les rayons partis d'une étoile, disent-ils, frappent l'œil du spectateur suivant la ligne qui joint cet organe à l'étoile ; mais comme l'œil n'est pas en repos et qu'il avance, suivant la direction de la tangente à l'orbite terrestre, l'effet des rayons en sera altéré ; la ligne suivant laquelle l'étoile sera vue s'obtiendra par la composition de deux mouvements, comme on le fait à l'égard de la direction du coup dans la collision des corps.

Cette manière de déterminer l'angle d'aberration par le principe du parallélogramme des forces n'est pas conforme au point de vue sous lequel Bradley avait envisagé le phénomène. On raconte même qu'il éprouva un

très-vif déplaisir lorsque quelqu'un lui ayant fait part de cette explication, lui fit entrevoir que la vitesse qu'il faudrait combiner avec celle de la Terre pour trouver l'angle sous lequel la rétine devait paraître recevoir l'impression des rayons lumineux, ne serait pas la vitesse de la lumière dans l'espace, mais celle que possède cette même lumière lorsqu'elle se meut dans les humeurs de l'œil, ce qui détruisait l'accord que l'illustre astronome avait trouvé entre l'angle maximum d'aberration conclu de ses observations et celui auquel on arrivait par l'emploi de la vitesse de la lumière déduite par Rœmer des éclipses du premier satellite de Jupiter. Je ne consigne ici cette remarque que pour montrer combien on a eu tort de substituer des considérations tirées de la théorie du choc à l'explication très-simple que nous avons donnée du phénomène, et qui, du reste, n'est presque que la répétition textuelle de celle qu'a présentée Bradley lui-même dans ses immortels Mémoires insérés dans les *Transactions philosophiques*, et que Clairaut a donnée ensuite.

Les mouvements des étoiles fixes dont il est question ici ont été appelés *aberration*, parce que les étoiles qui les éprouvent, dit Fontenelle, semblent s'égarer çà et là.

CHAPITRE X

ÉGALITÉ DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE ÉMANANT DES DIVERS CORPS

D'après l'explication du phénomène stellaire dont nous nous sommes occupés dans ce livre, il est clair que si les lumières partant de deux étoiles avaient des vitesses

différentes, les courbes apparentes décrites par ces étoiles annuellement, n'auraient pas les mêmes amplitudes; en d'autres termes, que leur plus grand diamètre ne serait plus de 40".88. Une dissemblance entre les aberrations observées de deux astres serait donc un indice certain d'une différence entre les vitesses des rayons qui en émanent. Malheureusement ce moyen d'investigation n'est pas très-précis : il faudrait, en effet, que la vitesse du rayon d'une étoile surpassât d'un vingtième celle des rayons d'une seconde étoile pour que l'aberration de cette dernière étant de 20, l'aberration de la première fût réduite à 19. L'aberration générale étant de 20".4, une différence de 1 dixième de seconde, c'est-à-dire 1/204e de différence entre les aberrations, n'indiquerait qu'une différence de 1/204e entre les vitesses respectives des lumières provenant des deux astres comparés.

J'ai fait voir, il y a un demi-siècle, par des expériences directes sur les déviations éprouvées par les rayons lumineux pénétrant dans les corps diaphanes, que la lumière provenant de diverses étoiles, du Soleil, de la Lune, des planètes et des diverses sources terrestres, se meut avec une vitesse identique, ou que du moins, s'il existe quelques différences, elles ne peuvent altérer en rien l'exactitude des observations astronomiques qui admettent l'identité de vitesse.

Quelques astronomes ont cru arriver, dans la détermination de la valeur de l'aberration des étoiles, à une précision supérieure à 1/10e de seconde; aussi ont-ils tiré des différences de cet ordre données par les observations, la conséquence qu'il existe diverses étoiles dont

les lumières nous arrivent avec des vitesses qui diffèrent entre elles de plus de 1/204ᵉ. On verra tout à l'heure un moyen de soumettre cette conclusion à l'épreuve d'une expérience indirecte mais décisive.

L'aberration dépendant de la vitesse de la lumière, il est clair que si les rayons de différentes couleurs dont la lumière blanche se compose, se mouvaient avec des vitesses dissemblables, chacun de ces rayons éprouverait une aberration particulière qui le séparerait des autres; l'étoile, semblable à un petit spectre prismatique, paraîtrait toujours un peu allongée dans un sens parallèle au déplacement de la Terre. Remarquons, cependant, qu'il faudrait une différence de vitesse de 1/20ᵉ entre les rayons rouges et les rayons violets pour que le spectre acquît une longueur d'une seule seconde, et que la détermination d'une si petite quantité n'est pas exempte de difficultés. J'ai, du reste, montré précédemment par la considération des étoiles variables (liv. IX, chap. XXV, t. I, p. 407), que l'on peut regarder comme certain que les rayons de différentes couleurs se meuvent dans les espaces célestes avec la même vitesse.

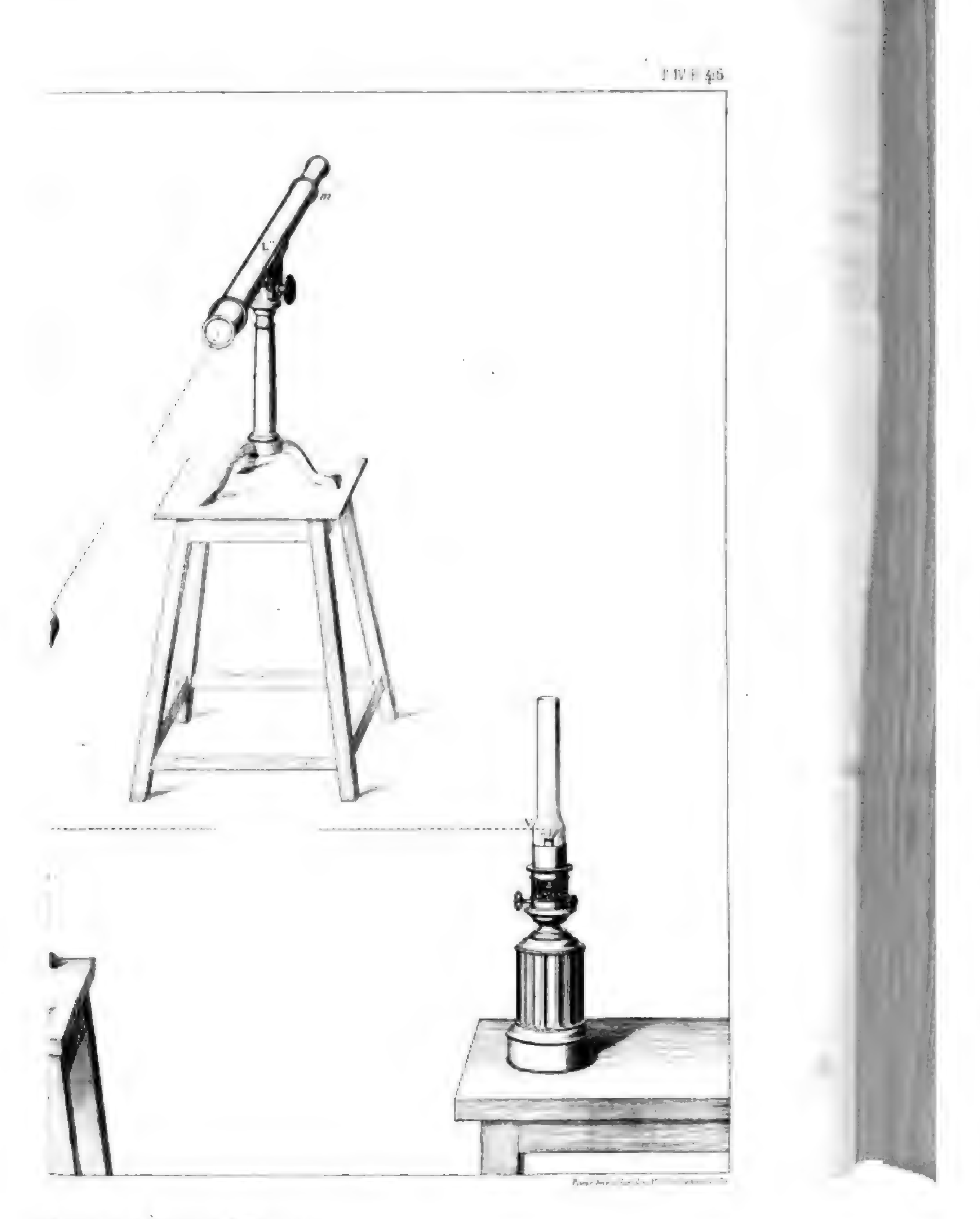
CHAPITRE XI

ABERRATION DES PLANÈTES

Le phénomène de l'aberration des étoiles, découvert et expliqué par Bradley, étant, comme nous venons de le voir, l'effet de la combinaison du mouvement de la Terre avec le mouvement de la lumière au moment où celle-ci

pénètre dans la lunette, il est indubitable que l'aberration s'exercera tout aussi bien sur la lumière réfléchie provenant d'une planète que sur la lumière émanant directement d'une étoile, puisque l'une et l'autre de ces deux lumières ont la même vitesse ; ainsi, les positions des planètes seront affectées de l'aberration suivant les mêmes lois que les positions des étoiles semblablement placées. Il est une autre cause qui affecte les positions des planètes et qu'on a considérée à tort comme dépendante de l'aberration constatée par Bradley. Cette cause, je vais l'indiquer en deux mots. Une planète occupant momentanément dans l'espace une position déterminée, lance vers la Terre un rayon lumineux ; ce rayon se mouvant en ligne droite, lorsqu'il arrive à l'œil de l'observateur, est dirigé vers la place que la planète occupait au moment de son départ. Mais le rayon a employé un certain temps à nous parvenir ; dans ce temps la planète, puisqu'elle a un mouvement propre, se déplace d'une certaine quantité ; la direction du rayon n'indique donc pas la position actuelle de la planète, mais cette position au moment du départ : cette aberration, puisque aberration il y a, existerait lors même que la Terre serait immobile dans l'espace. Il faut, pour en calculer la valeur, connaître la distance de la planète à la Terre et sa vitesse propre ; ce n'est qu'aux dépens de la clarté que les auteurs des Traités d'astronomie ont souvent confondu cette correction avec l'aberration des étoiles.

[illegible] Appareil de [illegible]
par des [illegible]



[illegible] de la vitesse de la lumière
[illegible] à de grandes distances

CHAPITRE XII

LE PHÉNOMÈNE DE L'ABERRATION CONSIDÉRÉ COMME UN MOYEN DE DÉTERMINER LA DISTANCE DE LA TERRE AU SOLEIL

Nous avons vu que l'angle maximum d'aberration s'obtient en formant un triangle dont deux côtés sont la vitesse de la Terre dans son orbite, et la vitesse de la lumière. Cet angle d'aberration est, ainsi que nous l'avons trouvé, de 20″.44.

Telle est la liaison nécessaire de ces trois quantités, l'angle d'aberration, la vitesse de la lumière et la vitesse de la Terre, que deux d'entre elles étant connues, on peut toujours, par le calcul, en déduire la troisième.

Supposons que, par un moyen quelconque, on parvienne à déterminer la vitesse de la lumière, ou l'espace qu'elle franchit dans l'intervalle d'une seconde, l'angle d'aberration étant de 20″.44, on en conclurait quel doit être en lieues, dans l'intervalle d'une seconde, l'espace rectiligne, ou à peu près rectiligne, parcouru par la Terre dans son orbite. Or, cet espace est évidemment proportionnel au rayon de l'orbite ou à la distance du Soleil à la Terre exprimée en lieues. Le temps que notre globe emploie à revenir au même point de son orbite est connu par des observations tout à fait indépendantes de la parallaxe du Soleil; dès lors on peut, sans faire un cercle vicieux, déterminer l'arc qu'il parcourt dans une seconde de temps; mais cet arc, considéré comme une ligne droite, sera proportionnel à la distance de la Terre au Soleil. Nous savons donc quelle doit être cette dis-

tance, pour que l'espace parcouru en une seconde, combiné avec l'espace rectiligne que franchit la lumière dans le même temps, donne lieu à l'angle d'aberration déduit des observations directes.

Si la vitesse de la lumière qu'on emploie dans ce calcul est exacte, la vitesse correspondante de la Terre, et conséquemment la distance de l'orbite de notre globe au Soleil, s'en déduira avec précision. Il résulte d'expériences faites par M. Fizeau à l'aide de moyens de son invention très-ingénieux, qu'on peut déterminer la vitesse de la lumière par des observations faites sur la Terre à de courtes distances, comme la distance de Suresnes à Montmartre, par exemple. En répétant ces observations avec des appareils mécaniquement plus parfaits, on pourra un jour, sans sortir de Paris et de sa banlieue, trouver cette parallaxe du Soleil qui, vers le milieu du siècle dernier, donna lieu à des voyages si longs, si lointains, si pénibles, et à tant de dépenses.

J'ai cru que le lecteur ne serait pas fâché de voir par cet exemple remarquable quel parti le progrès des lumières permet de tirer un jour donné de liaisons théoriques qui semblaient devoir rester à jamais dans le domaine des pures spéculations.

CHAPITRE XIII

MESURE DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE PAR DES OBSERVATIONS FAITES SUR LA TERRE A DE COURTES DISTANCES

Le complément nécessaire du chapitre précédent sera l'indication de la méthode employée par M. Fizeau

pour résoudre le problème, en apparence insoluble, qu'il s'était proposé.

Depuis les tentatives faites sans succès par Galilée, il devait paraître inutile de chercher à mesurer la vitesse de la lumière par des expériences directes faites sur la Terre. Dans le premier des dialogues *delle scienze nuove,* Galilée fait énoncer par Salviati, un des trois interlocuteurs, les épreuves très-ingénieuses qu'il avait employées, et qu'il croyait propres à résoudre la question. Deux observateurs, avec deux lumières, avaient été placés à environ 1,800 mètres de distance : l'un d'eux, à un instant quelconque, éteignait sa lumière ; le second couvrait la sienne aussitôt qu'il ne voyait plus l'autre ; mais comme le premier observateur voyait disparaître la seconde lumière au même moment où il cachait la sienne, Galilée en conclut que la lumière se transmet dans un instant indivisible à une distance double de celle qui séparait les deux observateurs. Des expériences analogues que firent les membres de l'Académie del Cimento, mais pour des distances trois fois plus considérables, conduisirent à un résultat identique.

M. Fizeau, en 1849, a été plus heureux que ses illustres devanciers du XVIIe siècle. Il a remarqué d'abord que si l'on fait tourner avec une grande rapidité une roue portant à sa circonférence des dents également espacées, chacune de ces dents mettra à franchir l'intervalle vide qui la sépare de la dent consécutive un temps très-petit que l'on pourra toutefois mesurer, si l'on connaît la vitesse de rotation de la roue. Supposons, par exemple, qu'une roue fasse 10 tours par seconde, et qu'une dent oc-

cupe la millième partie de sa circonférence, chaque dent passera évidemment par le même point de l'espace, en un dix-millième de seconde; on pourra facilement obtenir en décuplant la vitesse de la roue, une durée de un cent-millième de seconde pour le temps employé par une dent pour passer au même point déterminé. Voilà donc des temps très-courts parfaitement mesurés. On conçoit que M. Fizeau était certain par cette méthode de diviser le temps en intervalles assez petits pour que la lumière ne parcourût plus, malgré la grandeur de sa vitesse, que des espaces assez petits pendant de tels instants.

Imaginons maintenant qu'un rayon de lumière traverse l'intervalle laissé entre deux dents consécutives d'un disque tournant, aille se réfléchir au loin sur un miroir, et revienne pour passer par le même point de l'espace. Le disque étant en mouvement, on conçoit qu'en ce point il pourra se trouver une dent qui interceptera la lumière. On pourra donc connaître le temps que la lumière aura mis à aller et à revenir, puisque l'on connaît le temps employé par les dents du disque tournant à franchir les intervalles vides qui les séparent les unes des autres.

M. Fizeau a trouvé le moyen de réaliser les conditions précédentes dans le système de deux lunettes L et L″ dirigées l'une vers l'autre (fig. 339, p. 416), de manière que l'image de l'objectif de chacune d'elles se forme au foyer de l'autre. Un miroir *m* est placé au foyer de la lunette L″; entre le foyer et l'oculaire de la lunette L se trouve en K une glace transparente inclinée de 45 degrés sur l'axe et pouvant recevoir la lumière émanée d'une lampe V et rendue convergente en K par la lunette L′.

Un faisceau de rayons partant de V arrive ainsi converger en K, d'où émane par réflexion un nouveau faisceau formant à la sortie de la lunette L une colonne de rayons parallèles qui vont se concentrer au foyer *m* de la lunette L″ pour se réfléchir, sortir de nouveau de cette dernière lunette, pénétrer par l'objectif dans la lunette

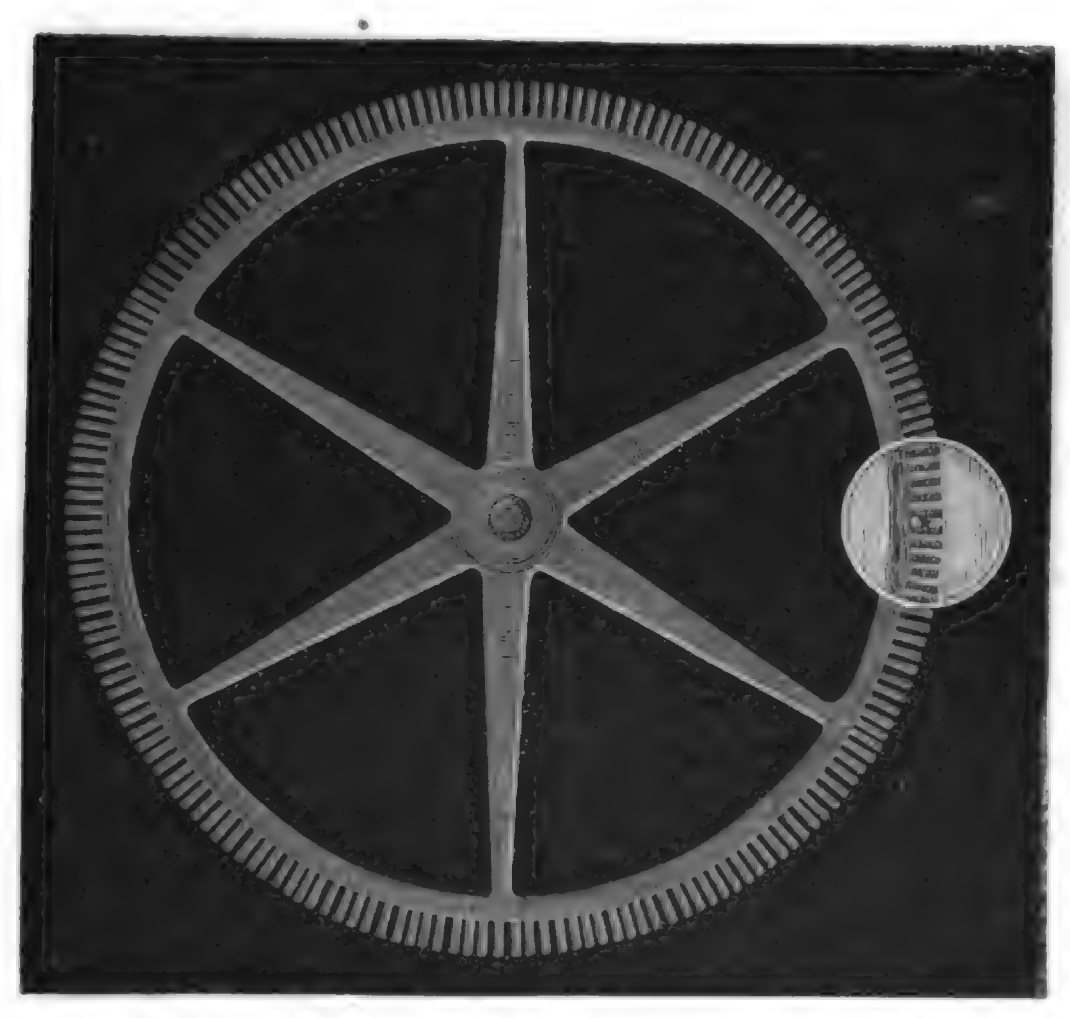


Fig. 340. — Coupe de la lunette et du disque denté au repos dans l'appareil de M. Fizeau.

L et laisser apercevoir à travers la glace K, par l'oculaire *o*, l'image réelle du pinceau primitif.

Cette disposition a très-bien réussi avec des lunettes de 6 centimètres d'ouverture seulement. La première lunette L était placée dans le belvédère d'une maison située à Suresnes, la seconde L″ sur la hauteur de Montmartre,

à une distance de 8,633 mètres. On voyait par l'oculaire *o* un point lumineux semblable à une étoile et formé par de la lumière qui partie de K avait traversé un espace de 17,266 mètres et était revenue passer exactement par le même point avant de parvenir à l'œil.

C'est sur ce même point que M. Fizeau a fait passer les

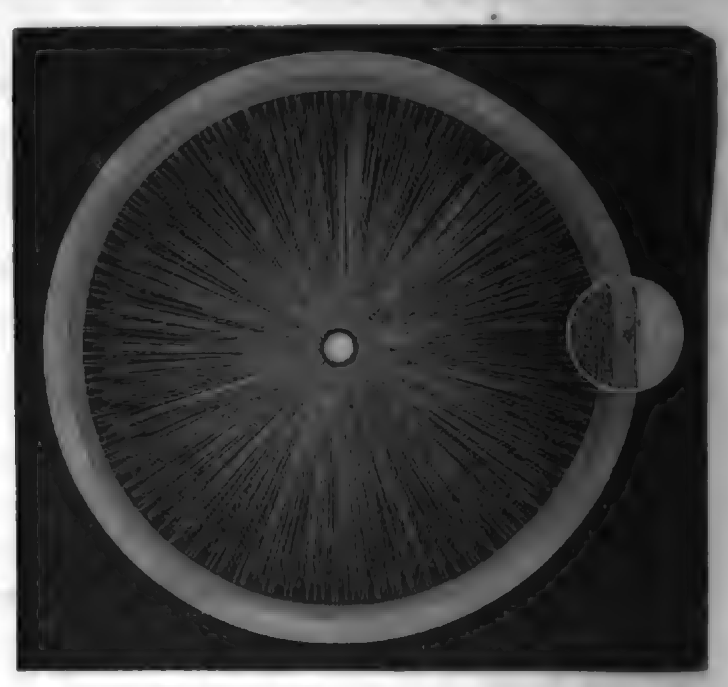


Fig. 341. — Coupe de la lunette et du disque denté en mouvement avant la première éclipse du point lumineux dans l'appareil de M. Fizeau.

dents d'un disque tournant R, pénétrant dans la lunette en avant de K par une échancrure.

Le disque tournant reçoit son mouvement de poids moteurs P, descendant à l'extrémité d'une corde enroulée sur un barillet A. Sur ce barillet est monté une roue dentée B qui conduit un pignon C. Ce pignon à son tour

mène la roue D, qui engrène avec le second pignon E monté sur le même axe que la roue dentée F. Cette dernière roue mène le pignon G qui donne le mouvement à la roue H. Le disque denté R doit sa rotation au pignon I qui engrène avec la roue H. Le mouvement a lieu sans intermittence, les engrenages, construits avec toute l'ha-

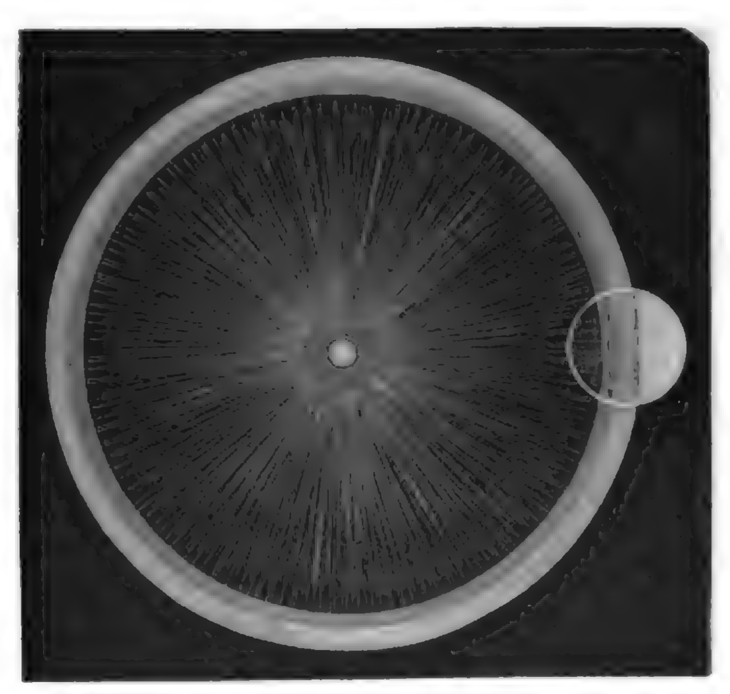


Fig. 342. — Coupe de la lunette et du disque denté pendant la première éclipse du point lumineux dans l'appareil de M. Fizeau.

bileté que l'on connaît à M. Froment, étant héliçoïdaux.

Un frein J que l'on presse à volonté par le moyen d'une vis, permet de régulariser le mouvement, dont la vitesse peut être rendue extrêmement grande si l'on augmente suffisamment les poids P.

L'expérience réussit très-bien. Dans l'état de repos

du disque denté on voit nettement le point lumineux (fig. 340) ; lorsque le disque tourne avec une certaine vitesse, l'éclat du point lumineux diminue (fig. 341); il s'éclipse totalement pour une vitesse suffisamment grande (fig. 342). Dans les circonstances où l'expérience a été faite, une première éclipse se produit vers 12.6 tours

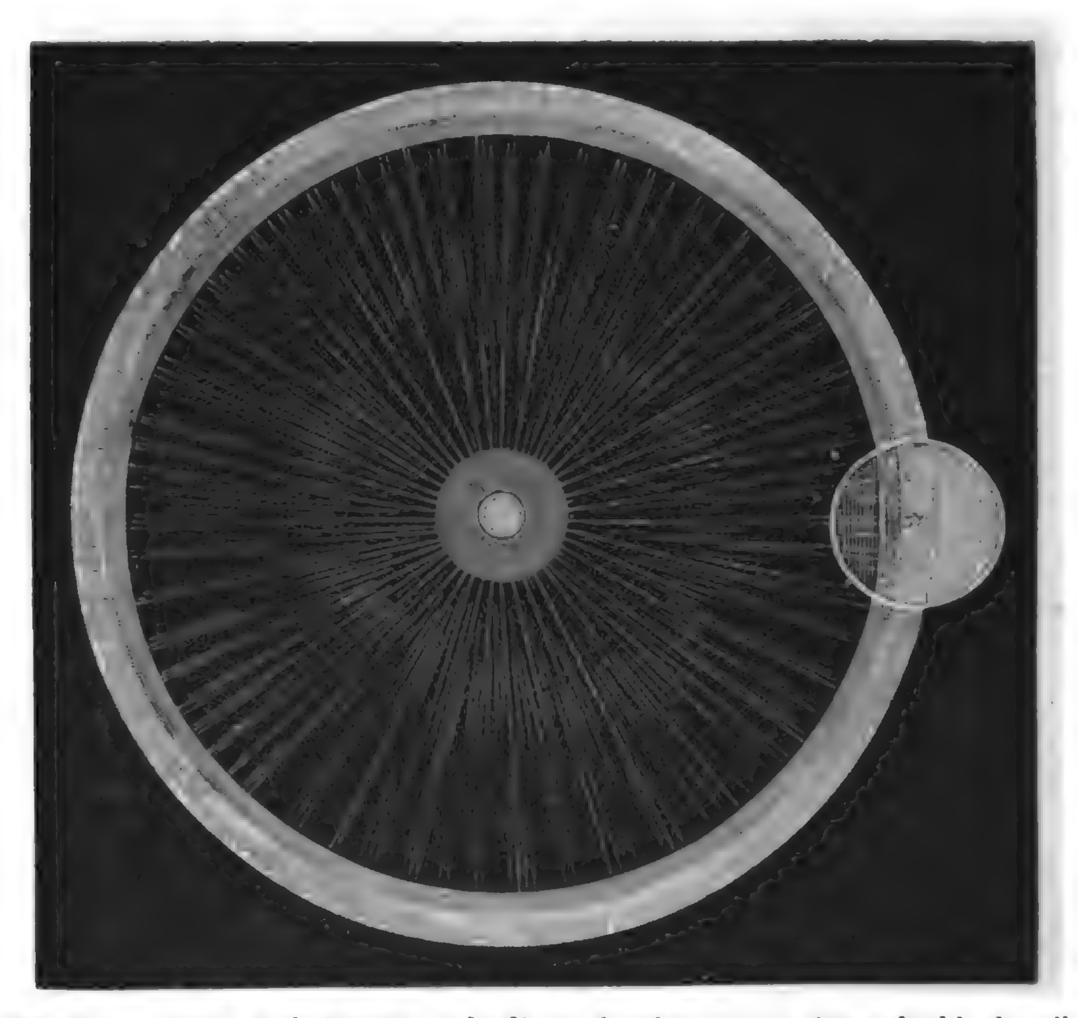


Fig. 343. — Coupe de la lunette et du disque denté pour une vitesse double de celle qui a produit la première éclipse dans l'appareil de M. Fizeau.

par seconde. Pour une vitesse double, le point brille de nouveau (fig. 343); pour une vitesse triple, il se produit une deuxième éclipse; le point brille de nouveau pour une vitesse quadruple, et ainsi de suite.

Il ne reste, comme on voit, qu'à connaître exactement la vitesse de rotation pendant chaque éclipse totale du

point lumineux. Un compteur Z, que l'on fait à cet effet embrayer avec l'appareil au moment où il est réglé, donne le nombre de tours effectué pendant un temps marqué par un chronomètre à pointage.

Les premiers essais de M. Fizeau ont fourni une vitesse par seconde de 78,841 lieues de 4,000 mètres chacune, valeur qui n'est que peu différente de celle déduite de l'observation des éclipses des satellites de Jupiter.

Le grand appareil qui a été construit sous la direction des commissaires de l'Académie des sciences permettra de répéter les belles expériences de M. Fizeau avec toute l'exactitude que commande l'intérêt des sciences.

CHAPITRE XIV

DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE PAR L'OBSERVATION DES PHASES D'ALGOL

Nous avons vu qu'Algol ou β de Persée (liv. IX, chap. XXI, t. I, p. 398) est ordinairement de deuxième grandeur, mais que son éclat variable s'affaiblit jusqu'à n'être plus que de quatrième grandeur, pour repasser à la troisième, puis à la deuxième durant un second intervalle de même durée. Cette étoile ne change pas d'éclat peu à peu, comme la plupart des étoiles variables ; elle reste constamment de deuxième à troisième grandeur pendant 2 jours et 13 heures, et elle emploie de 7 à 8 heures pour décroître, descendre à la quatrième grandeur et revenir à être de deuxième à troisième grandeur, éclat qu'elle conserve de nouveau à peu près constant pendant

2 jours et 13 heures environ. Nous avons annoncé (liv. IX, chap. XXV, t. I, p. 408) que, d'après ces faits, quelques perfectionnements dans l'intensité de la lumière des étoiles variables pourraient conduire à une détermination directe de la vitesse de la lumière. Voyons maintenant comment l'observation des phases d'Algol pourrait se prêter à une pareille mesure.

Si, par exemple, la durée de la période de variation d'Algol, durée un peu variable avec le temps, est de 3 heures et demie, il arrive qu'en 105 minutes, moitié de 3 heures et demie, Algol s'élève de la quatrième à la troisième grandeur, il ne faut que 105 minutes pour que l'éclat de cette étoile double. Si la variation était proportionnelle au temps, à chaque minute correspondrait 1/105ᵉ d'augmentation; mais au moment où l'astre est de troisième grandeur, s'opèrent les plus rapides changements. Peut-être même la variation, à cette époque, arrive-t-elle à être double de la variation moyenne; peut-être monte-t-elle à 1/52ᵉ par minute; 1/52ᵉ est une variation d'intensité saisissable à la simple inspection; ainsi l'on pourrait déterminer les moments de la phase intermédiaire d'Algol, les moments du passage de cette étoile par la troisième grandeur, à la précision d'une minute. Quelques perfectionnements dans les moyens de mesure photométrique permettraient probablement d'aller jusqu'à la moitié ou au quart de cette quantité.

Nous voilà presque arrivés à la précision dont les observations des éclipses des trois derniers satellites de Jupiter sont susceptibles. Rien n'empêchera donc que nous ne

reproduisions, à l'aide des observations d'Algol, les combinaisons qui conduisirent Rœmer à la détermination de la vitesse de la lumière. Seulement, le célèbre astronome opérait sur de la lumière réfléchie, et il ne sera ici question que de lumière directe; seulement, les satellites donnaient la vitesse d'une lumière venant du Soleil, et nous trouverons la vitesse de la lumière venant d'une étoile.

Les causes, quelle qu'en soit la nature, qui, dans la région d'Algol, font passer successivement cette étoile de la deuxième à la troisième grandeur, ou de la quatrième à la troisième, se manifestent à nous après un temps égal à celui que la lumière emploie à venir de cette région à la Terre. Il faut bien, en effet, pour que nous apprenions le changement survenu aux confins du firmament, attendre l'arrivée du courrier lumineux qui nous en apporte la nouvelle. Ainsi, il y a lieu à distinguer soigneusement le moment où par sa rotation ou par l'interposition d'un corps opaque, etc., l'étoile devient de troisième grandeur réellement, et celui où elle le devient pour la Terre. Le premier moment est celui du phénomène réel; l'autre est le moment du phénomène apparent.

Supposons que l'étoile et la Terre soient immobiles: le temps de la transmission de la lumière restera constant. Dans le cas contraire il y aura variation. Ainsi, la Terre s'éloigne-t-elle graduellement de l'étoile, le temps écoulé entre le phénomène réel et le phénomène observé deviendra de plus en plus grand. L'inverse aura lieu évidemment si la Terre et l'astre se rapprochent.

La Terre est-elle une planète, dans son mouvement

annuel elle s'éloignera d'Algol pendant six mois consécutifs ; elle s'en rapprochera pendant les six mois restants.

Observons l'instant du passage de l'étoile par la troisième grandeur, le jour où la Terre est le plus près possible de cet astre. Observons la même phase à six mois de là, ou quand la Terre se trouve à son maximum de distance de l'étoile. Rapportée, comparée au phénomène réel, cette seconde observation sera plus tardive que la première, de tout le temps que la lumière aura employé à parcourir le nombre de kilomètres dont la Terre s'est éloignée de l'étoile entre la première et la seconde station. En retranchant la première observation de la seconde, on trouvera donc pour résultat l'intervalle réel qui s'est écoulé entre les deux phases, augmenté du temps que la lumière a dû employer à parcourir un chemin égal au nombre de kilomètres exprimant la différence entre la plus grande et la moindre distance de la Terre à Algol.

Si l'on prenait pour première observation celle qui serait faite au maximum de distance de la Terre à l'étoile, et pour seconde l'observation correspondante au minimum de distance suivant, la différence des deux serait égale à l'intervalle réel des deux phases, diminué cette fois du temps dont la lumière a besoin pour parcourir la différence entre ces distances maximum et minimum.

L'intervalle qui sépare deux phases réelles d'Algol, vu l'immense distance de cette étoile, doit être totalement indépendant de la position de la Terre dans son orbite.

En effet, à de pareilles distances, l'action de notre globe

sur l'étoile ne saurait être appréciable. La supposition contraire put se présenter à l'esprit quand, à l'origine, on discuta les éclipses des satellites de Jupiter, car ces astres sont beaucoup moins éloignés ; ici elle serait d'emblée insoutenable. Ainsi l'intervalle réel compris entre une phase d'Algol correspondant au moment où cette étoile est à sa moindre distance de la Terre, et la phase qui arrivera six mois plus tard, quand la distance de la Terre à l'astre aura acquis sa valeur maximum ; cet intervalle, disons-nous, sera égal, en moyenne, à l'intervalle que l'on trouverait en prenant les termes de départ en sens inverse : en prenant pour premiers termes les phases réelles des distances maxima, et pour seconds termes les observations de six mois plus tardives et correspondantes aux distances minima.

Les intervalles réels entre les phases étant égaux, les intervalles observés ne pourront différer entre eux qu'à raison de la vitesse de la lumière. Or, nous le savons aujourd'hui, dans l'espace de six mois la Terre s'éloigne d'Algol d'un si grand nombre de kilomètres, que la lumière ne les parcourt qu'en $15^m\ 12^s$. Dans les six mois suivants, les deux corps se rapprochent de la même quantité. Pour avoir l'intervalle compris entre une phase observée la nuit de la moindre distance de la Terre à Algol, et la phase observée la nuit de la distance maximum, il faudrait ajouter $15^m\ 12^s$ à l'intervalle réel, s'il nous était connu. Ce même intervalle réel inconnu, diminué de $15^m\ 12^s$, donnerait la valeur de l'intervalle observé entre une première phase correspondant au maximum et une seconde phase observée au minimum. Mais si un

nombre, quel qu'il puisse être, connu ou inconnu, subit ces deux opérations; si d'une part on l'augmente de $15^m 12^s$, si de l'autre on le diminue de ces mêmes $15^m 12^s$, la somme et la différence ainsi calculées différeront entre elles du double de $15^m 12^s$, c'est-à-dire de $30^m 24^s$.

30 minutes 24 secondes, telle sera donc la différence entre les deux séries d'intervalles de phases d'Algol, observées aux époques des maxima et des minima de distances et discutées suivant les conditions indiquées. Cette quantité est beaucoup au-dessus des erreurs auxquelles on sera exposé dans les observations. Il semble donc très-possible de déterminer directement la vitesse de la lumière d'une étoile.

LIVRE XXIX

SATURNE

CHAPITRE PREMIER

ASPECT DE SATURNE — SON MOUVEMENT PAR RAPPORT AU SOLEIL

La planète Saturne a été connue de toute antiquité.

Saturne brille au firmament comme les étoiles de première grandeur. D'un éclat moyen, sa lumière ne présente jamais de traces de scintillation.

Le signe ♄, par lequel on le désigne, est l'image imparfaite d'une faux.

La lenteur du mouvement propre de cette planète à travers les constellations l'avait fait justement placer aux dernières limites de notre système, beaucoup plus loin que Mars et Jupiter.

Le nom qu'elle portait chez les Égyptiens signifiait *apparent*, expression dans laquelle on a prétendu voir une allusion à la propriété dont la planète jouit de se dégager plus rapidement des rayons du Soleil, à l'époque de ses conjonctions, que ne le font Mars et Jupiter. Mais il est douteux que cette dernière observation, liée à la lenteur du mouvement propre de Saturne, remonte à des temps aussi reculés que ceux où les peuples d'Égypte

sentirent le besoin de désigner cette planète par un nom particulier.

Les Grecs donnaient aussi à Saturne le nom de Némésis, et ils y ajoutaient souvent l'épithète φαίνων, *resplendissant*. Quelques auteurs le désignent comme un soleil.

Les dénominations indiennes de cette planète sont 'sanaistchara, 'sani et 'sauri. Selon M. Bopp, le premier mot signifie *qui se meut lentement*, de 'sanais, *lentement*, et tschara, *qui se meut*. Le second mot signifie *lent*. 'Sauri est l'un des noms du dieu Wischnou.

Ce que nous aurons à dire du mouvement apparent de Saturne sera, à quelques modifications près dans les chiffres, la répétition presque textuelle des remarques que nous avons puisées dans les observations du déplacement de Jupiter.

Ainsi nous aurons à distinguer dans les positions de Saturne, comparées aux positions apparentes du Soleil, celles où la planète et l'astre radieux occupent à peu près la même région du ciel et passent tous les deux au méridien vers midi; nous dirons alors que la planète est *en conjonction*. Le point de son orbite où Saturne est parvenu lorsqu'il passe au méridien à minuit, est celui qu'on nommera *l'opposition*. Les points situés à environ 90° du Soleil, époques où la planète passe au méridien à 6 heures du matin ou à 6 heures du soir, prendront le nom de *quadratures*.

Lorsque Saturne sortant de sa conjonction se lève quelque temps avant le Soleil, son mouvement rapporté aux étoiles est à son maximum et dirigé de l'occident à l'orient, ou direct. La distance des deux astres va néan-

moins en augmentant, parce que le mouvement apparent du Soleil est plus considérable que le sien. Ensuite on voit ce mouvement se ralentir, puis s'arrêter pendant quelque temps : la planète alors stationnaire, et comparée à l'œil nu aux étoiles, pourrait être prise elle-même pour un de ces astres proprement dits.

A la station succède un mouvement rétrograde ou dirigé de l'orient à l'occident, dont le maximum a lieu le jour de l'opposition. Ce mouvement se ralentit ensuite jusqu'à une position où Saturne est de nouveau stationnaire.

Après la seconde station, la planète, toujours rapportée aux étoiles, reprend graduellement son mouvement direct jusqu'à la conjonction suivante, pour présenter l'année d'après la même série de phénomènes.

La planète devient stationnaire lorsqu'à l'orient ou à l'occident elle est distante du point d'opposition de 109°. L'arc de rétrogradation est d'environ 6° et le temps employé par la planète à le parcourir est de 139 jours.

Le temps que met Saturne à parcourir tous les points de son orbite, à faire le tour entier du ciel, ou la durée de la révolution sidérale, est de 29 ans 5 mois 16 jours.

Le temps qui s'écoule entre deux conjonctions, ou la durée de la révolution synodique, est de 1 an 13 jours. Le mouvement direct de Saturne dure 239 jours, le mouvement rétrograde 139 jours.

Le mouvement de Saturne s'exécute dans une orbite elliptique dont le plan fait avec le plan de l'écliptique un angle de 2° 29′ 36″.

L'inclinaison de l'orbite de Saturne sur l'équateur terrestre est de 22° 38′ 44″.

Le périhélie, c'est-à-dire l'extrémité du grand axe de l'ellipse la plus voisine du Soleil, ne reste pas fixe dans le ciel : le grand axe a un mouvement direct en vertu duquel ce périhélie correspond successivement à différentes constellations.

L'excentricité de l'orbite de Saturne est de 0.056.

La distance moyenne de la planète au Soleil est de 9.539, la distance moyenne du Soleil à la Terre étant 1. La distance du périhélie est de 9.005, et celle de l'aphélie de 10.073.

La longitude du périhélie est de 89° 8′ 20″; celle du nœud ascendant, de 111° 56′ 7″; la longitude moyenne de l'époque (1er janvier 1800) est de 123° 6′ 29″.

Ces éléments résultent, pour la plupart, des tables de Bouvard. Les autres sont des conséquences de la théorie des perturbations dont nous avons démontré la légitimité (liv. XXIII, chap. IV, p. 16 à 24).

Saturne ne présente pas de phases sensibles, ce qui peut s'expliquer, sans lui supposer une lumière propre, par la distance considérable du Soleil à la planète. Des phénomènes dont nous parlerons dans le chapitre III, prouveront que c'est au Soleil qu'il emprunte sa lumière.

Les quantités de chaleur et de lumière envoyées par le Soleil à la Terre étant 1, les quantités reçues à la surface de Saturne sont 0.011.

La masse de Saturne, rapportée à celle du Soleil prise pour unité, est de $\frac{1}{3,500}$. Sa densité est de 1.09, celle de la Terre étant 1. La pesanteur à sa surface est 1.09,

comparée à la pesanteur considérée à la surface de notre globe.

CHAPITRE II

GRANDEUR DE SATURNE

Le diamètre de Saturne est variable; sa valeur pour la distance moyenne de la planète à la Terre, ou, ce qui est la même chose à cause de la grandeur de son éloignement tant de l'astre radieux que de notre globe, pour la distance moyenne de la planète au Soleil, est de 17″.99, d'après Struve. Ce diamètre apparent oscille de 15″ à 20″. Il suit de là que le diamètre réel de Saturne est de 9.022, celui de la Terre étant pris pour unité. Par conséquent, le volume de Saturne, supposé sphérique, serait 735 fois plus considérable que celui de notre globe. Le rayon équatorial de Saturne, exprimé en lieues de 4 kilomètres chacune, est de 14,355 lieues.

La figure 344 montre les rapports des grandeurs apparentes du disque de Saturne à la plus grande distance à la Terre en A, à la distance moyenne en B et à la plus petite distance en C; cette figure est réduite à la même échelle (1 millimètre pour 1 seconde) que les figures



Fig. 344. — Grandeurs apparentes du disque de Saturne aux distances extrêmes et à la distance moyenne à la Terre.

qui représentent déjà, dans cet ouvrage, les grandeurs apparentes des disques de Mercure, de Vénus, de Mars et de Jupiter.

CHAPITRE III

ANNEAU DE SATURNE

Saturne présente un phénomène unique dans le système solaire : le globe qui forme la planète proprement dite est entouré, à une distance considérable, d'un anneau presque plat et fort large (fig. 345, p. 448) qui fait avec le plan de son orbite un angle dont la valeur est actuellement d'environ 28°. Conséquemment cet anneau, dans aucune circonstance, ne se présente de face à un observateur situé sur la Terre ; il paraît toujours elliptique et d'une dimension transversale variable ; le plus petit diamètre apparent n'est jamais supérieur à la moitié du plus grand.

Vue de la Terre, une portion de l'anneau paraît passer sur la planète ; dans la partie opposée, Saturne se projette sur l'anneau et nous en cache une partie. Près de la région où l'anneau se projette sur la planète, on voit, à la surface de celle-ci, une ombre marquant évidemment la portion où, à cause de l'interposition de la matière solide de l'anneau, la lumière du Soleil ne pénètre pas. La planète n'est donc point lumineuse par elle-même, elle ne brille que de la lumière du Soleil réfléchie.

Cette conclusion peut être étendue à l'anneau, car, dans la partie diamétralement opposée à celle qui nous a offert une ombre sur la planète, celle-ci projette, au

contraire, sur l'anneau une ombre noire très-facile à distinguer et à reconnaître par son parallélisme aux bords de la planète qui la produit.

L'anneau disparaît dans la plupart de nos télescopes quand son plan prolongé passe par la Terre, l'angle qu'il sous-tend étant alors trop petit pour produire un effet sensible sur nos yeux. Cependant la lumière réfléchie par la tranche reste toujours perceptible lorsqu'on emploie des télescopes de la puissance de ceux de William Herschel. Il disparaît aussi lorsque son plan prolongé passe par le Soleil, les rayons de cet astre glissant alors, pour ainsi dire, sur la surface de l'anneau sans lui imprimer la propriété d'émettre de la lumière. Il disparaît enfin à une époque intermédiaire entre les deux premières, et peu éloignées l'une de l'autre, quand l'anneau, par son prolongement, passe entre le Soleil et la Terre et est éclairé par la face que nous ne voyons pas.

Le plan de l'anneau dans le mouvement de circulation de la planète autour du Soleil restant toujours parallèle à lui-même, il est évident que les positions propres à amener sa disparition, c'est-à-dire le passage de son plan par le centre du Soleil, doivent se reproduire deux fois pendant la durée de la révolution de la planète autour du Soleil et se représenter conséquemment tous les quinze ans environ.

Dans tout ce qui précède, nous avons parlé du plan de l'anneau; mais il n'est pas certain que cette dénomination soit rigoureusement exacte; en effet, il est toujours arrivé, à l'époque des disparitions, qu'une anse s'éva-

nouissait plus tôt que l'anse opposée, et que cette dernière était restée visible plusieurs jours après l'entière disparition de l'autre. Les mêmes phénomènes se sont offerts à l'époque des réapparitions. Il y a plus, les anses ont quelquefois diminué d'amplitude vers les époques de la phase ronde. Ainsi, en 1714, elles paraissaient de moitié plus courtes qu'à l'ordinaire.

L'anneau n'est pas continu, il est nettement divisé en deux ; la séparation est plus voisine du bord extérieur que du bord intérieur. Des astronomes ont vu quelquefois des traces d'un plus grand nombre de divisions, d'où l'on a cru pouvoir conclure l'existence de quatre ou cinq anneaux concentriques situés à peu près dans le même plan.

Des observations d'une délicatesse extrême, faites par William Herschel en 1790, ont prouvé que l'anneau ou les anneaux tournent sur leur centre commun en $10^h\ 32^m\ 15^s$, résultat qui, pour le dire en passant, semble difficile à concilier avec les phénomènes présentés par les deux anses de l'anneau près des moments de sa disparition ou de sa réapparition.

L'anneau, envisagé dans son ensemble, est sensiblement plus lumineux que la planète, et si l'on ne veut comparer que les deux parties distinctes dont l'anneau général se compose, l'anneau extérieur est notablement moins lumineux que l'anneau intérieur.

Des observations dont la précision ne semble pas pouvoir être contestée ont montré que le centre de l'anneau et celui de la planète ne coïncident point exactement. Cette excentricité est d'ailleurs extrêmement petite. La

planète a paru toujours un peu plus rapprochée du bord occidental de l'anneau intérieur que du bord oriental.

Voici les valeurs angulaires de l'anneau et des principales parties dont il se compose, pour la distance moyenne de la planète à la Terre; en d'autres termes, pour la distance moyenne de la planète au Soleil.

Diamètre extérieur de l'anneau extérieur......	40''.09
Diamètre intérieur *id.*	35 .29
Diamètre extérieur de l'anneau intérieur......	34 .47
Diamètre intérieur *id.*	26 .67
Largeur de l'anneau extérieur................	2 .40
Largeur de la division entre les anneaux......	0 .41
Largeur de l'anneau intérieur................	3 .90
Distance entre le bord intérieur de l'anneau et la planète............................	4 .34

Ces dimensions conduisent à la conséquence que le diamètre extérieur de l'anneau extérieur est de 71,174 lieues; que le diamètre intérieur de l'anneau extérieur est de 62,643 lieues; que le diamètre extérieur de l'anneau principal intérieur est de 61,198 lieues, et que le diamètre intérieur de ce même anneau est de 47,339 lieues. De là il résulte que la largeur de l'anneau extérieur est de 4,265 lieues; que celle de l'anneau intérieur est de 6,930 lieues; que celle de la séparation des deux anneaux est de 723 lieues; que la largeur totale du double anneau est de 11,918 lieues, et enfin que l'intervalle qui sépare le bord intérieur de l'anneau de la surface de la planète est de 9,314 lieues. L'épaisseur de l'anneau ne paraît pas d'ailleurs être de plus de 100 lieues. La figure 346 (p. 448) représente l'aspect de Saturne et de son double anneau pour un observateur qui

serait placé sur le prolongement de l'axe de la planète.

Ce qui précède est le résumé de ce que les astronomes avaient aperçu en étudiant l'anneau de Saturne avec les plus grands télescopes. Nous devons dire maintenant que des singularités extraordinaires sont venues s'ajouter récemment à celles qui avaient été signalées antérieurement et dans lesquelles il paraît difficile de ne pas voir le résultat de créations nouvelles qui sembleraient impliquer la conséquence que Saturne est encore aujourd'hui, dans son ensemble, le théâtre de révolutions matérielles dont nous pouvons difficilement nous faire une idée. Voici, en abrégé, un extrait des observations faites par MM. Bond, assistants de l'Observatoire d'Harvard, près de Cambridge, en Amérique :

Les premières observations de M. G.-P. Bond remontent au 11 novembre 1850. Ce jour-là M. Bond aperçut une lumière en dedans de l'ancien anneau. Cette lumière paraissait se terminer brusquement avant d'atteindre le corps de la planète.

Le 15, M. W.-C. Bond, examinant Saturne avec divers oculaires, entre autres avec un grossissement de 400, aperçut distinctement le même phénomène : le nouvel anneau était bien défini, le bord touchait à la planète. L'observateur crut que le nouvel anneau n'était pas adhérent à l'ancien, mais il ne pût pas l'affirmer. On suivit le nouvel anneau sur le corps de la planète.

M. G.-P. Bond, avec des grossissements variant de 140 à 400, ne put pas s'assurer si le nouvel anneau était séparé de l'ancien, mais il vit le bord intérieur bien terminé.

M. W.-C. Bond soupçonna enfin plusieurs fois, avec des grossissements considérables, que le nouvel anneau était séparé de l'ancien.

Les mesures faites par MM. Bond donnent 2″.3 pour la largeur de l'anneau extérieur, et 1″.5 pour la largeur du nouvel anneau.

Le 7 janvier, les astronomes américains eurent une pleine confirmation de toutes les observations précédentes.

Nous devons ajouter à ces détails ceux qui ont été recueillis en Angleterre presque à la même date.

Le 3 décembre 1850, M. Lassell étant allé visiter M. Dawes à Wateringburg, dirigea sur Saturne une lunette de Merz, de 18 centimètres d'ouverture, armée d'un grossissement d'un peu moins de trois cents fois : il aperçut comme un voile lumineux qui couvrait sur les deux anses la moitié de l'intervalle compris entre le bord intérieur de l'ancien anneau et le bord de la planète. M. Hind vit les mêmes apparences à Londres, à la suite de la communication que M. Lassell lui avait faite. Enfin, le 3 décembre, M. Dawes lui-même vit le nouvel anneau et aperçut une séparation un peu obscure, mais non entièrement noire, entre son bord le plus éloigné de la planète et le bord extérieur de l'ancien anneau.

Ces observations de M. Dawes ont été faites avec des grossissements compris entre trois cents et six cents fois.

CHAPITRE IV

HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DE L'ANNEAU DE SATURNE

Galilée dirigea ses lunettes sur Saturne aussitôt que les circonstances le lui permirent ; mais la faiblesse de ses instruments le jeta dans une grande perplexité. Une lettre au grand-duc de Toscane nous apprend que Saturne lui semblait *tricorps*. Il explique clairement la signification de ce terme dans une lettre en date du 13 novembre 1610, adressée à Gugliano de Médicis, ambassadeur du grand-duc auprès de l'empereur d'Autriche. « Lorsque j'observe Saturne, y dit-il, avec une lunette d'un pouvoir amplificatif de plus de trente fois, l'étoile centrale paraît la plus grande, les deux autres, situées, l'une à l'orient, l'autre à l'occident, et sur une ligne qui ne coïncide pas avec la direction du zodiaque, semblent la toucher. Ce sont comme deux serviteurs qui aident le vieux Saturne à faire son chemin et restent toujours à ses côtés. Avec une lunette de moindre grossissement l'étoile paraît allongée et de la forme d'une olive. »

Dans une lettre à Castelli, du 30 décembre 1610, il annonçait que Saturne était formé de trois étoiles immobiles les unes relativement aux autres.

Il arriva une époque (en 1612) où les deux étoiles latérales ne se montrèrent plus à Galilée. La planète lui sembla alors parfaitement ronde ; il paraît que cette circonstance le découragea au plus haut degré, il alla même jusqu'à imaginer que dans toutes ses observations anté-

rieures les verres de ses lunettes avaient pu le tromper, et transformer en un objet réel ce qui n'était qu'une illusion. On peut voir l'expression de ce découragement dans sa lettre à Velser, de 1612. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'à partir de cette époque Galilée ne s'occupa plus de Saturne.

Hévélius se livra avec une grande attention aux observations de Saturne. En 1646, il avouait franchement qu'il ne comprenait rien aux phénomènes singuliers que la planète lui présentait. Il alla même un moment jusqu'à croire que ces phénomènes étaient accidentels et dépendants de causes passagères. Enfin, en 1656, l'observateur de Dantzig s'arrêta à la pensée que Saturne était triple, que la partie centrale avait une forme elliptique, et que les deux portions latérales n'étaient point des globes sphériques, mais bien des lunules ou des espèces de croissants de courbure hyperbolique attachées invariablement par leurs pointes au corps du milieu, dont un intervalle vide de matière les séparait cependant. Il rendait compte de la phase ronde en supposant que les deux lunules qui accompagnent Saturne ont été transportées par un mouvement de rotation, l'une sur le disque de la planète, l'autre derrière.

Huygens publia, en 1659, les résultats des observations nombreuses qu'il avait faites plusieurs années auparavant avec un télescope de 7 mètres, construit de ses propres mains. La disparition des anses, qui avait été pour Galilée une cause de découragement, devint pour Huygens, en 1656, la pierre de touche de sa théorie, et lui démontra qu'il avait trouvé la vérité. L'explication de

Huygens, malgré son évidence, ne fut pas d'abord généralement adoptée. Riccioli, entre autres, croyait bien que Saturne était entouré d'une armille plate, mais il la supposait adhérente à la planète en deux points.

Suivant Gallet, d'Avignon, connu d'ailleurs avantageusement par quelques remarques de fait assez fines, les phénomènes de Saturne n'avaient rien de réel et étaient l'effet des réflexions de la lumière sur des surfaces convexes. On est vraiment étonné de voir un pareil système livré au jugement du public par un homme pourvu de quelque notoriété scientifique.

Dans son *Systema Saturnium*, Huygens avait donné pour l'inclinaison du plan de l'anneau au plan de l'écliptique 23° 30′. Des observations faites conjointement avec Picard, en 1668, le conduisirent à une détermination, suivant lui beaucoup plus exacte, et d'après laquelle cette inclinaison devait être d'environ 31°.

Pour déterminer l'inclinaison de l'anneau au plan de l'écliptique lorsque la position de la ligne d'intersection des deux plans est connue, il suffit d'obtenir les rapports des deux axes de l'ellipse sous laquelle l'anneau se présente à l'observateur. Malheureusement les mesures micrométriques de ces deux axes, données par les anciens, n'ont pas toute la précision désirable. Mais considérant qu'à l'aide de leurs lunettes les anciens apercevaient des quantités beaucoup plus petites que celles dont leur micromètre leur fournissait la mesure, on peut chercher dans leurs observations à déterminer le moment où le diamètre de la planète était égal à celui de l'anneau; dans ce cas, on peut prendre le diamètre polaire

de Saturne donné par les observations modernes pour le diamètre transversal en question. Ce petit diamètre combiné avec le grand diamètre déduit aussi des observations de notre temps, fera connaître l'inclinaison du plan de l'anneau aux époques reculées où l'on a remarqué l'égalité de la ligne des pôles et du petit axe de l'ellipse qui alors peut être censé mesuré exactement. En appliquant ce calcul aux observations de Picard et de quelques autres astronomes, on verra si l'on peut supposer que l'inclinaison de l'anneau est constante.

Auzout est, je crois, le premier qui ait aperçu l'ombre de Saturne sur l'anneau, en 1662. (Voyez *Mémoires de l'Académie des sciences*, t. VII, p. 11.)

L'anneau, a-t-on prétendu, ne peut échapper à la destruction qui résulterait de l'attraction de la planète que par un mouvement de rotation ; mais si l'anneau ou les anneaux étaient parfaitement circulaires et avaient pour centre le centre même de Saturne, l'état d'équilibre serait instable ; ce n'est donc qu'en raison d'une excentricité et d'un mouvement de rotation que l'anneau peut se conserver. Cette excentricité a été constatée par les observations directes.

Il est certain que l'excentricité du globe de Saturne par rapport à l'anneau a été annoncée dès l'année 1684, par Gallet, d'Avignon. Dans la quadrature orientale, dit cet astronome, le centre de la planète paraît plus près du bord oriental de l'anneau. Ce qu'il attribue, mais à tort, à un effet de la parallaxe annuelle. (*Journal des Savants*, 12 juin 1684.)

Schwabe, sans avoir connaissance de l'observation si

ancienne de l'astronome français, fit la même remarque le 21 décembre 1827. L'espace obscur compris entre l'anneau de Saturne et la planète lui paraissait plus large à l'est du disque qu'à l'ouest. Harding, à qui ce fait fut communiqué, le trouva exact; il en fit part à M. Struve, qui entreprit de déterminer la différence des deux espaces obscurs à l'aide de la grande lunette de Dorpat, armée d'un bon micromètre à fil. Il trouva qu'à la distance moyenne de Saturne à la Terre, l'espace oriental était plus grand que l'espace occidental de 0''.21.

MM. South et John Herschel obtinrent par leurs mesures une différence dans le même sens, mais plus petite que celle déduite des observations de M. Struve.

Cassini remarquait en 1675, à l'aide d'une lunette de 11 mètres, la bande obscure qui partage la largeur de l'anneau en deux parties d'une intensité dissemblable. « La partie intérieure, disait le grand observateur, est fort claire, et l'extérieure un peu obscure, la différence de teinte étant celle de l'argent mat à l'argent bruni. » (*Mémoires de l'Académie des sciences*, t. x, p. 583.)

Rappelons qu'antérieurement, le 29 juin 1666, Hooke annonçait déjà que l'anneau en masse (il ne parle pas de la bande obscure) était plus lumineux que la planète. (*Transactions philosophiques*, t. 1er, p. 247.)

Aux observations de Cassini sur les intensités inégales des lumières de l'anneau extérieur et de l'anneau intérieur, ajoutons qu'Herschel fit la remarque que l'anneau intérieur n'est pas également intense dans toute sa largeur. « A partir du milieu, dit l'habile astronome, il change de couleur et d'intensité; de sorte que par un

affaiblissement graduel, il ne conserve plus guère vers sa limite circulaire intérieure que l'intensité et la teinte des bandes obscures du disque. »

Nous consignerons ici l'extrait d'un Mémoire de M. de Vico, présenté à l'Académie des sciences, en 1842 : « Un soir que la lunette de Cauchoix était braquée sur Saturne, l'anneau se montra dans sa plus éclatante splendeur, pendant que le corps de la planète avait non-seulement perdu de sa lumière habituelle, mais s'était revêtu d'une couleur cendrée si foncée, qu'elle avait quelque chose de sinistre. Le ciel était très-pur et le phénomène dura tout le temps que Saturne resta au-dessus de l'horizon. A partir de cette époque, les astronomes romains n'ont pas perdu Saturne de vue et ils ont pu constater que l'éclat et la couleur du corps de la planète sont très-variables relativement à l'éclat lumineux de l'anneau. »

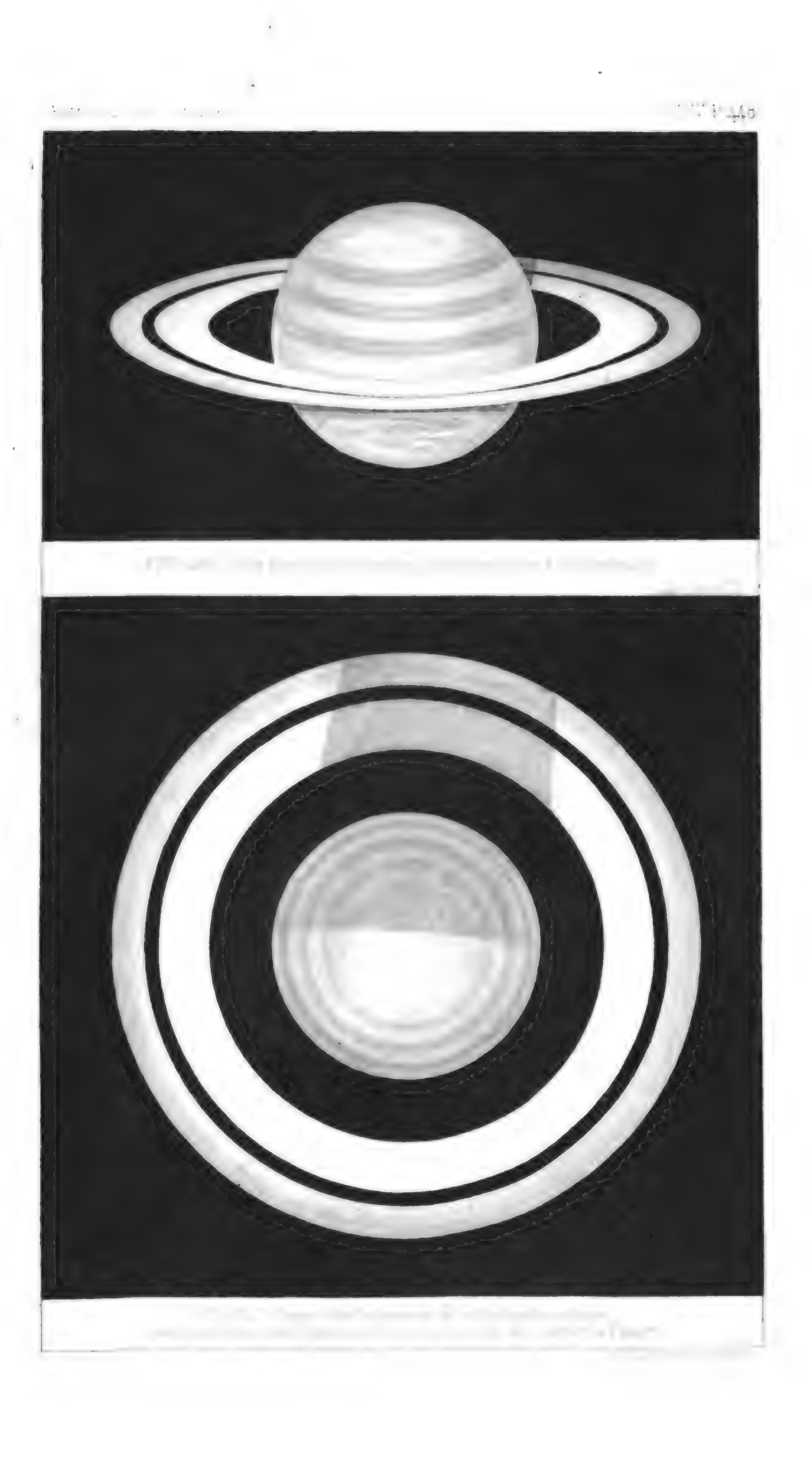
Dans la *Vie de Clarke*, Whiston dit que celui-ci vit un jour une étoile dans l'intervalle noir compris entre le bord intérieur de l'anneau et le bord le plus voisin de la planète. Si cette observation était certaine, elle prouverait mathématiquement que cet intervalle obscur est dépourvu de toute matière opaque. (Voyez *Optique* de Smith, édition française du père Pezenas, p. 440.)

Comment peut-on démontrer que les bandes noires qui divisent l'anneau sont des vides et non des bandes semblables à celles de Jupiter, mais plus noires?

Il ne faut évidemment pas attendre, pour résoudre cette question, le cas où les bandes se projetteraient sur des étoiles, car cette rencontre très-rare durerait très-peu de temps ; mais le passage de Saturne dans la Voie

lactée fournira des indications suffisantes à ce sujet. On verra alors si, lorsque les bandes se dessinent sur les taches blanches dont cette région du ciel abonde, leurs lueurs ont un peu éclairci la teinte d'un noir absolu que ces bandes présentent ordinairement. L'observation déjà faite par Cassini et surtout par Maraldi, que la bande existe sur les deux faces de l'anneau à la même distance du bord extérieur, n'est évidemment pas démonstrative, car la cause physique inconnue de laquelle les bandes dépendent doit agir de la même manière dans les deux cas.

Il n'est peut-être pas superflu de rappeler à cette occasion que la découverte de cette bande noire extérieure partageant l'anneau en deux parties est attribuée par erreur à Herschel ; les deux membres de l'Académie des sciences que je viens de citer, l'avaient précédé de près d'un siècle. C'est donc à tort que quelques astronomes ont pris l'habitude d'appeler *bande herschelienne* la bande qui sépare les deux anneaux de Saturne. En 1789, Herschel ne semblait pas encore parfaitement certain que la bande noire qui règne tout autour de l'anneau fût une séparation entre deux anneaux concentriques; suivant lui on pouvait douter que cette bande accusât un vide. Les observations de 1792 firent reconnaître que la bande se voit sur les deux faces de l'anneau et à égale distance de l'anneau extérieur; qu'elle conserve constamment la même largeur ; que son contour est parfaitement tranché ; que dans une atmosphère favorable elle paraît tout aussi noire que l'espace obscur compris entre l'anneau et la planète. D'après l'ensemble de ces circonstances, Herschel ne



douta plus qu'il n'y eût là séparation réelle entre deux zones concentriques du grand anneau.

M. Hind a annoncé récemment, en 1852, que la découverte de la division extérieure de l'anneau fut faite en 1665 par le D[r] Ball et M. W. Ball, demeurant à Minehead north Devonshire (*Solar system*, page 105). M. Hind ne dit pas où les observations de ses compatriotes se trouvent consignées.

Quand il s'agit d'objets d'une extrême délicatesse, on n'aperçoit généralement que ce qu'on cherche. Je crois donc pouvoir inviter les astronomes à examiner si l'ombre projetée par l'anneau sur la planète ne présenterait pas, en quelques circonstances, de très-minces filets lumineux formés par la lumière qui aurait passé à travers les intervalles obscurs; alors la cause des bandes obscures, l'existence de séparations réelles entre les anneaux, se trouverait établie sur une preuve irrécusable.

L'annonce de bandes autres que celle signalée d'abord par Cassini, a été faite plusieurs fois; mais comme ces bandes n'étaient pas continuellement visibles, on a pu s'arrêter à l'idée qu'elles étaient de la nature des bandes de Jupiter. La première observation de ce genre qui soit venue à ma connaissance, est due à Short qui, au dire de Lalande, vit plusieurs traits concentriques se dessiner sur la partie extérieure de l'anneau. Remarquons toutefois que Short n'a rien publié lui-même à ce sujet.

Herschel a vu, dans quatre occasions différentes, un léger trait noir tout près du bord intérieur de l'anse occidentale de l'anneau; une première fois le 19 juin 1780 (télescope de 2^{m}.27, ouverture 0^{m}.16, grossisse-

ment 200) ; une seconde fois le 20 ; une troisième et quatrième fois, le 21 et le 26, avec un télescope de $6^{m}.50$, armé d'un grossissement de 200 fois. Il n'a jamais rien aperçu de semblable du côté de l'anse orientale.

Le petit trait qui se voyait le 26 juin avait totalement disparu le 29. Si ce trait était l'indice d'une seconde séparation, il faudrait supposer que les deux anneaux entre lesquels elle régnait étaient excentriques; autrement la séparation aurait été également visible sur les deux anses.

M. Quetelet, en essayant une lunette de Cauchoix, à Paris, en décembre 1823, crut apercevoir que l'anneau extérieur de Saturne était double.

Le 17 décembre 1825, M. le capitaine Kater se servant d'un télescope newtonien, de $0^{m}.16$ d'ouverture et de 1 mètre de distance focale, vit sur l'anneau extérieur de nombreux traits noirs et très-rapprochés : rien de pareil ne paraissait sur l'anneau intérieur.

Ces observations furent répétées en janvier 1826, par le capitaine Kater, à l'aide d'un télescope de Dollond ; certains jours, les apparences de l'année précédente étaient visibles, d'autres fois on ne les apercevait pas ; d'où l'auteur tirait la conclusion qu'elles n'avaient rien de permanent.

Le 25 avril 1837, M. Encke, directeur de l'Observatoire de Berlin, reconnut à l'aide de la grande lunette de cet établissement, que l'anneau extérieur était partagé en deux par une ligne noire. Le 28 mai, le même astronome aperçut une seconde fois cette bande noire ; mais

il reconnut de plus par des mesures, qu'elle ne divisait pas l'anneau extérieur en deux parties égales. Voici les résultats des mesures micrométriques de M. Encke rapportées à la distance moyenne de Saturne à la Terre :

Diamètre extérieur de l'anneau intérieur......	40''.44
Diamètre de la nouvelle division..............	37 .47
Diamètre intérieur de l'anneau extérieur......	36 .04

Il résulterait de là que la nouvelle division aperçue serait plus près de l'ancienne division que du bord extérieur de l'anneau. (*Solar system*, page 108.)

Le 29 mai 1838, le père Vico aperçut à Rome, avec la grande lunette de Cauchoix, non-seulement la nouvelle bande découverte sur l'anneau extérieur, mais encore deux bandes noires pareilles sur l'anneau intérieur.

Voici un extrait d'un Mémoire publié en 1842 par M. de Vico, directeur de l'Observatoire romain ; on y trouvera les indications les plus précises sur des bandes multiples de l'anneau.

1° En outre de la ligne obscure de Cassini, il en existe une seconde plus étroite sur la partie extérieure de l'anneau. Elle est parfaitement tranchée et, dans une atmosphère aussi favorable que celle de Rome, elle paraît aussi noire que l'espace obscur qui sépare la planète de l'anneau. On la voit indistinctement, quelquefois sur les deux anses orientale et occidentale de l'anneau, quelquefois sur une seule anse; dans d'autres circonstances, elle est invisible. M. Schwabe, qui l'observe assidûment à Dessau, l'appelle la bande d'Encke. Mais quelle est la cause, quelles sont les lois de ces disparitions et de ces

réapparitions? Les observations n'ont encore rien révélé à ce sujet. Si ces deux bandes sont des divisions réelles, il s'ensuivra que l'anneau de Saturne est triple.

2° Sur la partie de l'anneau la plus voisine du corps de la planète, on aperçoit une troisième ligne, également noire, mais d'une ténuité extrême, qui présente les mêmes phénomènes que les premières. Elle est plus rarement visible et se montre plus souvent sur l'anse orientale que sur les deux anses à la fois. Avec cette nouvelle division, l'anneau serait quadruple.

3° Entre cette dernière bande et la bande de Cassini, on a vu plus de trente fois une quatrième ligne très-déliée, tantôt sur une des anses, tantôt sur les deux anses de l'anneau. Quand elle est invisible, on trouve à sa place et dans son voisinage une sorte d'ombre et d'obscurité qui fait mieux ressortir l'éclat des deux portions latérales de l'anneau, c'est-à-dire des portions qui avoisinent l'une le corps de la planète, l'autre la bande de Cassini. Si cette ligne constituait une séparation réelle, Saturne serait entouré de cinq anneaux visibles. Ces lignes se sont-elles montrées toutes à la fois? Oui, et très-distinctement; mais bien rarement et jamais entièrement sur les deux anses de l'anneau.

En 1843, MM. Lassell et Dawes confirmèrent, avec un télescope de 6 mètres, l'existence de la bande de Encke, à laquelle ils assignèrent un tiers de la largeur de la bande vue primitivement par Cassini. Ils placèrent cette bande nouvelle, différente en cela de ce qu'avait obtenu l'astronome de Berlin, plus près du bord extérieur que du bord intérieur de cet anneau.

En novembre 1850, MM. Dawes et Lassell virent quelques traces d'un mince trait noir qui était compris entre la bande de Cassini et le bord extérieur de l'anneau.

On peut décider si le trait noir aperçu par Cassini est une division réelle ou une bande semblable à celle de Jupiter, comme aussi si les deux anneaux que la bande sépare sont ou ne sont pas dans le même plan, par une observation très-délicate mais exécutable. Dans le cas de l'affirmative, la largeur de la bande obscure variera entre les extrémités des anses et le centre de la planète, comme la largeur de l'anneau lui-même ; la largeur de la bande étant 1 sur les anses, serait 1/2 près de la planète.

Si les deux anneaux sont dans des plans différents, la largeur de la bande variera suivant une autre loi.

Supposons maintenant que l'anneau soit dans sa plus grande ouverture, que la bande obscure ne se voie pas jusqu'au disque central avec un certain grossissement, et qu'un grossissement de moitié plus petit montre encore la bande sur les anses, alors il sera démontré que la largeur de la bande varie entre son extrémité et le centre suivant un autre rapport que celui de 2 à 1, ou, ce qui est la même chose, que les deux anneaux ne sont pas dans un plan unique.

Le procédé que je viens d'indiquer ici a pour but de dispenser de mesurer les inégalités d'une ligne dont la plus grande largeur peut à peine être déterminée par nos moyens micrométriques actuels.

CHAPITRE V

BANDES DE SATURNE — SON ATMOSPHÈRE

On voit à la surface de Saturne plusieurs bandes obscures et parallèles entre elles, semblables à certains égards à celles dont la surface de Jupiter est quelquefois couverte, mais différentes de celles-ci en ce qu'elles présentent une courbure très-sensible, tandis que celles de Jupiter sont rectilignes. De là résulte la conséquence que si les bandes de Saturne sont parallèles à l'équateur de la planète, le plan de cet équateur fait avec le plan de l'écliptique un angle assez considérable.

Les bandes ne sont pas permanentes, d'où il résulte qu'elles naissent au sein d'une atmosphère dont Saturne est entouré, conséquence à laquelle on arriverait également par la remarque que l'éclat de la planète n'est pas constant. Il est évident, en effet, qu'un corps solide et dépourvu d'atmosphère se montrerait toujours à nous avec la même intensité.

L'observation des bandes obscures sur le corps sphérique de Saturne est beaucoup plus difficile à faire que celle des bandes de Jupiter, généralement plus sombres et dès lors plus apparentes.

Néanmoins Cassini vit, en 1683, des bandes claires et conséquemment des bandes obscures intermédiaires sur le corps de Saturne en se servant d'une lunette de 13 mètres.

En 1762, Messier vit sur le disque de Saturne, pen-

dant plusieurs jours, une bande obscure qu'il a décrite dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de 1776 ; cette bande paraissait un peu courbe.

Le même astronome observait en 1766 des bandes obscures sur le disque de la planète ; elles étaient extrêmement faibles et difficiles à apercevoir.

En 1776, Messier disait qu'il voyait sur le disque de Saturne une bande aussi apparente que les bandes de Jupiter.

Herschel décrivait, en 1793, trois de ces bandes obscures qu'il avait observées sur la planète ; elles étaient très-courbes et parallèles à peu près à la branche la plus voisine de l'anneau.

Le dessin les représente comme se terminant au bord même de la planète ; mais cette circonstance, qui n'est pas indiquée dans le Mémoire, peut être une méprise du graveur. Cette explication est d'autant plus admissible, que dans la figure de la même planche relative à Jupiter, les bandes de cette planète se prolongent aussi jusqu'aux bords.

Nous trouvons dans les Mémoires d'Herschel des observations de bandes qui remontent aux années 1775-76-77-78 et 1780. Les bandes de ces époques n'étaient pas exactement parallèles à l'anneau ; le scrupuleux astronome y remarqua jusqu'à des inclinaisons de 15 degrés.

Mædler et Beer, dans leurs observations de 1834 et 1835, ne virent jamais qu'une bande sur Saturne ; ils remarquèrent qu'elle se continuait jusqu'au bord de la planète, d'où ils tirent, mais sans s'expliquer plus caté-

goriquement à ce sujet, la conséquence que cette bande n'est pas d'une nature nuageuse.

Herschel remarqua que les bandes aperçues sur le disque de Saturne, un certain jour, différaient beaucoup de celles qui y figuraient la veille. Il observa aussi des changements d'éclat dans les régions polaires de Saturne. Ces régions étaient d'autant moins blanches que le Soleil les avait plus longtemps éclairées. Ainsi les variations dont il s'agit sembleraient devoir être rangées parmi les phénomènes de température. Qu'on veuille maintenant les expliquer par de la neige ou par des agglomérations nuageuses, l'une et l'autre hypothèse supposent une atmosphère.

CHAPITRE VI

ROTATION, FIGURE ET APLATISSEMENT DE SATURNE

Saturne est doué d'un mouvement de rotation sur lui-même en vertu duquel il fait un tour entier en $10^h\ 24^m$. L'axe autour duquel le mouvement de rotation s'exécute est plus court que l'axe perpendiculaire, ou que l'axe de l'équateur, de $1/10^e$.

Cassini vit, en 1683, sur le globe de Saturne, des phénomènes lumineux qui le conduisirent à supposer que la planète tournait sur elle-même, mais aucun temps exact de la rotation ne fut obtenu. Dans l'ouvrage de Huygens, intitulé *Cosmotheoros*, où sont décrits les principaux phénomènes du firmament, tels qu'on doit les observer sur diverses planètes, le grand géomètre dit positivement que les habitants de Saturne ont des

jours et des nuits, ce qui implique l'existence d'un mouvement de rotation de la planète sur son centre. Huygens qui, dans ses recherches astronomiques, donne tant d'attention à Saturne, avait-il déjà reconnu par des observations directes le mouvement de rotation? Je dois faire remarquer que le *Cosmotheoros* ne fut publié qu'en 1702, sept années après la mort de l'auteur. C'est à William Herschel qu'était réservée la détermination de la durée de la rotation de Saturne. L'observation assidue de quelques irrégularités qu'offraient les bandes de Saturne et une discussion approfondie de tous les résultats, prouvèrent à l'astronome de Slough, en 1794, que cette planète emploie 10^h 16^m à faire une révolution sur elle-même.

Personne, avant William Herschel, n'avait même soupçonné l'aplatissement de Saturne. Les mesures du grand astronome qui mirent ce fait hors de doute sont du mois de septembre 1789. Le diamètre équatorial se trouva alors de 22''.8, et le diamètre des pôles de 20''.6. Avouons franchement que les observations partielles qui conduisirent à ces moyennes ne s'accordaient pas entre elles autant qu'on aurait pu le désirer.

Herschel ajouta, en 1805, une grande singularité à toutes les circonstances que ses prédécesseurs avaient observées dans la constitution physique de Saturne. Jupiter et Mars sont aplatis. L'axe autour duquel chacune de ces planètes tourne sur elle-même est le plus court des diamètres du disque apparent; le diamètre équatorial, au contraire, est le plus grand; les diamètres intermédiaires ont des longueurs intermédiaires gra-

duellement croissantes depuis le pôle jusqu'à l'équateur. Tout, dans la manière dont ces variations de longueur s'enchaînent, autorise à regarder les disques apparents comme des ellipses, à assimiler chacune des deux planètes à un ellipsoïde de révolution, à un sphéroïde engendré par le mouvement d'une ellipse tournant autour de son petit axe. Selon Herschel, cette régularité, cette simplicité de forme n'existe pas dans le globe de Saturne. Le disque apparent, au lieu d'être une ellipse, ressemble plutôt à un rectangle dont les quatre angles seraient arrondis et dont la plus grande longueur est suivant le plan de l'équateur. Il y a bien là encore un axe des pôles, le plus court de tous; c'est l'axe autour duquel la planète exécute une révolution sur elle-même dans l'intervalle de 10 heures un quart. Il y a bien aussi un axe équatorial notablement plus grand que l'axe des pôles; mais c'est ici que l'anomalie commence : sur Saturne, l'axe équatorial n'est pas l'axe maximum; l'axe maximum fait avec le plan de l'équateur un angle que l'observateur a trouvé tantôt de 46° 38′, tantôt de 45° 31′, et enfin, par une dernière mesure plus exacte, de 43° 20′. Aux extrémités de l'axe maximum, la courbure du disque est très-prononcée. Près des pôles et de l'équateur on croirait voir, au contraire, des lignes droites sur une assez grande longueur.

Les observations dont je viens d'indiquer les résultats sont des mois d'avril, mai et juin 1805. Le 26 mai, Herschel ne se borna pas, au sujet de l'irrégularité de forme du disque apparent de Saturne, à un simple aperçu; il recourut à des mesures micrométriques qui lui donnè-

rent pour le demi-diamètre équatorial 11″.27, pour le demi-diamètre à 45 degrés, 11″.98. Le lendemain 27, ces mêmes demi-diamètres parurent respectivement, 11″.44 et 11″.88.

Afin de s'assurer que cette étrange forme de la planète ne dépendait pas de quelques irrégularités accidentelles dans la courbure du miroir du télescope dont il s'était d'abord servi, Herschel fit successivement usage des télescopes de 2m.27, de 3m.24, de 6m.50 et même du télescope de 12m.67, armés des grossissements les plus variés : l'anomalie persista toujours.

Quelle peut être maintenant la cause de ces irrégularités auxquelles aucun astronome ne croit, je l'ignore; car remarquons que chacun des instruments dont se servait l'illustre observateur de Slough put être successivement dirigé sur Saturne et sur Jupiter à une époque où les deux planètes se trouvaient en même temps sur l'horizon, que Jupiter restait elliptique et Saturne quadrangulaire avec ses angles arrondis.

On a voulu expliquer cette anomalie par de certaines irrégularités dans la température de l'air contenu dans les tuyaux des télescopes; mais en supposant que ces inégalités existassent dans des tuyaux complétement ouverts à l'une de leurs extrémités et qu'elles fussent régulières et suffisantes pour rendre compte de l'effet observé quand il s'agit de Saturne, on aurait le droit de se demander comment les mêmes causes ne produisaient pas des effets semblables avec la lumière de Jupiter.

Herschel assignait une cause physique à l'irrégularité qu'il avait trouvée dans la forme de Saturne; il prétén-

dait que cette irrégularité provenait de l'attraction que l'anneau avait exercée sur la masse de la planète non solidifiée encore ; mais Bessel a prouvé que l'attraction de l'anneau n'a jamais pu amener la forme singulière que les observations avaient semblé indiquer.

CHAPITRE VII

SATELLITES DE SATURNE

Saturne est entouré de huit satellites qui circulent autour de la planète dans des orbites elliptiques dont le centre du globe est le foyer. Voici les éléments de leurs orbites :

	Distances à la planète en rayons de l'équateur de Saturne.	Révolutions sidérales.			
Premier satellite......	3.36		22h	37m	23s
Deuxième...........	4.31	1j	8	53	7
Troisième...........	5.34	1	21	18	26
Quatrième...........	6.84	2	17	41	9
Cinquième...........	9.55	4	12	25	11
Sixième.............	22.14	15	22	41	25
Septième............	28.00	21	7	7	41
Huitième............	64.36	79	7	53	40

Presque tous les satellites se meuvent dans des courbes parallèles au plan de l'anneau. L'orbite du dernier seulement est inclinée à ce plan d'environ 12° 14'.

A l'époque de sa découverte, le huitième satellite disparaissait presque totalement quand il décrivait la partie orientale de son orbite ; il était, au contraire, très-visible dans le reste de sa course ; de là résultait la double conséquence que ce satellite n'était pas également lumineux

dans tous les points de sa surface, et qu'il tournait sur lui-même, puisqu'il montrait toujours à la Terre la portion de son globe la plus obscure dans sa digression orientale ; on devait en conclure que dans cette même position il présentait sa région brillante à la planète, et qu'il tournait sur lui-même en un temps égal à celui de sa révolution autour de Saturne.

Cette loi de l'égalité des temps de révolution et de rotation, nous l'avons déjà trouvée dans la Lune et dans les satellites de Jupiter : elle paraît donc une loi générale applicable à tous les satellites.

En examinant attentivement le tableau précédent, sir John Herschel a fait une remarque que nous devons consigner ici, car elle influera beaucoup sur les valeurs des perturbations des satellites de Saturne, déduites de la théorie.

Le temps de la révolution du troisième satellite est double du temps de la révolution du premier. La durée de la révolution du quatrième est double de la durée de la révolution du second.

L'anneau dont la planète est entourée empêche d'observer les éclipses des satellites de Saturne, et les passages de leurs ombres sur le corps de la planète ne peuvent même être remarqués que dans des circonstances fort rares. Je trouve cependant que le 2 novembre 1789, William Herschel vit nettement l'ombre du sixième satellite parcourir le disque brillant de la planète, observation qui suffirait à elle seule pour prouver que Saturne n'est pas lumineux par lui-même.

CHAPITRE VIII

HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DES SATELLITES DE SATURNE

En dirigeant sur Saturne deux lunettes de 4 mètres et de 7m.47, dont il avait travaillé les verres de ses propres mains, Huygens découvrit, le 25 mars 1655, le premier des satellites de cette planète que les hommes aient vu. Le même instrument aurait pu servir à en apercevoir d'autres; mais Huygens ne les chercha point; après son observation, le nombre des satellites se trouvait égal à celui des planètes de notre système; or, d'après d'anciennes opinions à la domination desquelles le grand géomètre n'avait pas su se soustraire, il n'était pas possible que le nombre des planètes principales fût inférieur au nombre total des planètes secondaires. Des idées théoriques ont très-souvent conduit à de brillantes découvertes. Ici l'effet fut diamétralement opposé; mais aussi que dire de cette prétendue loi du monde matériel devant laquelle le génie de Huygens s'arrêta?

A la fin d'octobre 1671, Jean-Dominique Cassini aperçut, avec une lunette de 5m.52 seulement, un satellite qui, dans ses excursions, s'écartait plus de la planète que le satellite de Huygens. Le 23 décembre 1672, des lunettes de 11m.37 et de 22m.74 dévoilèrent au même astronome un nouveau satellite dont l'orbite, au contraire, était contenue dans celle du satellite de Huygens.

Dans le mois de mars 1684, Cassini découvrit deux autres satellites de Saturne. Il s'était servi pour ces der-

nières observations de deux objectifs de Campani, de 32m.48 et de 44m.18 de foyer, et ensuite de deux nouveaux objectifs de 29m.24 et de 22m.74. Ces grandes lentilles étaient employées sans tuyaux : Cassini les plaçait tantôt sur l'Observatoire, tantôt à l'extrémité d'un grand mât, tantôt enfin sur une tour de bois qui avait été transportée de Marly à Paris.

On jugea à propos, à l'occasion de ces découvertes, de frapper une médaille portant pour inscription : *Saturni satellites primum cogniti.*

Les environs de Saturne avaient été si complétement explorés dans la vue d'y trouver des satellites que le sujet semblait épuisé; mais des nouvelles de Slough apprirent, en 1789, combien on se trompait. Le 28 août de cette année, le grand télescope de 12m.67 signala à Herschel un satellite plus voisin encore de l'anneau que les cinq déjà observés.

Grâce à la puissance prodigieuse du télescope de 12m.67, un dernier satellite alla s'interposer, le 17 septembre 1789, entre le précédent et l'anneau. Ce septième satellite découvert est d'une faiblesse extrême; Herschel parvenait cependant à le distinguer quand les circonstances étaient très-favorables, même à l'aide d'un télescope de 6m.50.

Les orbites des deux derniers satellites découverts ont des dimensions très-petites ; ces astres se trouvent donc souvent derrière la planète ou se projettent sur son disque. Dans d'autres circonstances, la lumière de l'anneau près duquel ils circulent les efface entièrement. Quand l'anneau se présente par la tranche, quand il

s'offre à nos regards sous la forme d'une ligne lumineuse excessivement étroite, les satellites semblent, le long de cette ligne, des grains de chapelet brillants et mobiles.

Saturne se trouvait déjà armé de sept satellites dont l'un, comme on peut le voir par le tableau des durées des révolutions données dans le chapitre précédent, tourne autour de la planète en 22 à 23 heures. Une Lune faisant sa révolution entière en moins d'un jour, n'est pas une des moindres singularités de la plus singulière planète que le firmament ait offerte aux regards des hommes. Cassini avait déjà remarqué que les temps des révolutions et les dimensions des deux satellites qu'il avait découverts en 1684 satisfaisaient à la troisième loi de Kepler.

Un dernier satellite de Saturne a été découvert presque simultanément, en septembre 1848, par M. Bond, à Cambridge, dans les États-Unis, et par M. Lassell à Liverpool, en Angleterre. Ce satellite est compris entre le satellite de Cassini, le plus éloigné de la planète, et le satellite de Huygens.

Les longs intervalles qui se sont écoulés entre les époques des différentes découvertes que nous venons de raconter, s'expliquent par les difficultés que présentaient les observations. Il était réservé au père Vico et à ses collaborateurs du Collége romain de prouver que les plus petits satellites de Saturne peuvent être vus et observés avec des lunettes d'une puissance médiocre. Il faut, pour cela, couvrir avec un écran opaque l'anneau et la planète, la lumière de ces deux portions de l'astre

étant suffisante pour effacer dans notre œil la lumière plus faible des satellites intérieurs. Ce n'est pas sans surprise qu'on voit ici l'anneau de Saturne jouer le rôle d'un corps éblouissant.

A l'époque où les satellites de Saturne furent aperçus pour la première fois, on les désigna par des numéros d'ordre correspondants à la date de la découverte. Ainsi on appela premier satellite celui qui fut observé le premier; second satellite celui qui fut découvert le second, et ainsi de suite. Mais ces astres n'ayant pas été aperçus dans l'ordre de leurs distances à la planète ou de leurs grandeurs, on a senti le besoin, pour éviter toute confusion, de remplacer les numéros d'ordre ou de grandeur par des noms tout à fait arbitraires.

C'est en 1847 que ce changement s'effectua. John Herschel, ne considérant que l'ordre des grandeurs des satellites alors connus, leur assigna les noms suivants : Mimas, pour le plus rapproché de la planète, Encelade, pour le second, Téthys, pour le troisième, Dioné, pour le quatrième, Rhéa, pour le cinquième, Titan, pour le sixième, Hypérion, pour le septième, et Japhet, pour le huitième.

Si un neuvième satellite vient à être découvert, on le classera à son rang sans avoir besoin de rien changer à la nomenclature arrêtée en 1847.

Le tableau suivant résume l'histoire de la découverte des satellites de Saturne.

Nos d'ordre des satellites d'après leurs distances à Saturne.	Noms des satellites.	Ordre de leur découverte.	Auteurs et dates des découvertes.
1	Mimas.	7	Herschel, 17 septembre 1789.
2	Encelade.	6	Herschel, 28 août 1789.
3	Téthys.	5	Cassini, mars 1684.
4	Dioné.	4	Cassini, mars 1684.
5	Rhéa.	3	Cassini, 23 décembre 1672.
6	Titan.	1	Huygens, 25 mars 1655.
7	Hypérion.	8	Bond et Lassell, septembre 1848.
8	Japhet.	2	Cassini, octobre 1671.

La distance de Mimas à Saturne est de 48,233 lieues de 4 kilomètres en partant du centre de la planète ; de 33,878 lieues en partant de la surface ; de 12,646 lieues en partant de l'anneau.

Titan est le plus grand des satellites de Saturne ; son diamètre apparent est environ 1/16e de celui de la planète.

CHAPITRE IX

ROTATION DE L'ANNEAU DE SATURNE

Le fait de l'existence d'un mouvement de rotation de l'anneau de Saturne sur lui-même a été fort controversé. Voici comment s'exprime Herschel :

« Il y a de temps en temps sur la surface de l'anneau, lorsqu'il va disparaître ou peu après sa réapparition, des inégalités qui, d'un certain point de vue, peuvent être appelées réelles, car elles proviennent, selon toute apparence, de taches lumineuses débordant par irradiation. »

William Herschel s'aperçut en 1790 que les observations de ces taches particulières faites à une époque où

l'anneau se voyait par son épaisseur, à une époque où elles se présentaient comme des protubérances, ne s'accordaient point avec les positions des sept satellites alors connus. En existait-il un autre? Ce nouveau satellite pouvait servir à coordonner les faits, mais en lui attribuant une révolution de 10^{h} 32^{m} 15^{s}. La troisième loi de Kepler placerait un pareil satellite dans la largeur de l'anneau, entre les bords intérieurs et extérieurs. A moins de supposer, ce que personne ne voudra faire, que la matière de ce corps singulier est suffisamment fluide pour permettre à un satellite de le parcourir librement, on est forcé de reconnaître que les taches observées étaient des parties intégrantes de l'anneau; que les 10^{h} 32^{m} 15^{s} sont la durée de la rotation de ce pont immense. Les taches lumineuses dont les déplacements conduisirent à ce résultat numérique étaient situées sur l'anneau extérieur.

Citons maintenant des faits qui paraissent en contradiction avec la conséquence qui se déduit des observations d'Herschel. Cassini vit, le 8 décembre 1671, qu'une des anses de l'anneau était encore un peu visible. Ce phénomène ne pouvait guère s'expliquer qu'en supposant que l'anneau, au lieu d'être parfaitement plat, présentait certaines ondulations; et comme il persista pendant un temps fort long, il n'était pas possible d'admettre que la protubérance s'était portée d'un côté à l'autre de la planète par un mouvement de rotation rapide.

En 1714, le 12 octobre, Maraldi observa Saturne avec une seule anse persistante du côté de l'occident. Le 22 mars 1715, le même astronome ne voyait qu'une

faible trace de l'anse occidentale; du côté opposé rien n'était perceptible. Varela, le 6 octobre 1773, ne voyait à Cadix que l'anse occidentale, et cela dura un temps beaucoup plus long que celui qui eût été nécessaire pour qu'en vertu du mouvement de rotation, la partie visible de cette anse passât de l'occident à l'orient.

Herschel lui-même voyait Saturne, en 1774, avec une seule anse, et le phénomène était permanent. Le 4 janvier 1803, Harding ne distinguait de traces de l'anneau qu'à l'ouest de la planète; la ligne très-fine visible de ce côté offrait une proéminence sensible qui restait immobile. Cette proéminence ne pouvait être un satellite, ainsi que le montra le calcul. Le 14, la ligne lumineuse se voyait des deux côtés de la planète, et la proéminence observée la première fois par Harding s'apercevait à la même place. Deux nouvelles proéminences, découvertes par Schrœter, furent observées pendant toute la nuit; elles ne se déplacèrent pas dans l'intervalle de huit heures que durèrent les observations. Des observations faites les jours suivants avec des télescopes de $2^{m}.27$, de $4^{m}.22$, et une lunette de Dollond de $3^{m}.25$, conduisirent à la même conséquence.

Duséjour déduisit de la discussion minutieuse de plusieurs disparitions de l'anneau, la conséquence que ses deux faces ne sont pas également aptes à réfléchir la lumière du Soleil. C'est un point que les observations ultérieures permettront seules de décider, et qu'on doit recommander à l'attention des astronomes.

Les observations d'Harding et de Schrœter, et celles de 1774, de 1773, de 1714 et de 1671 ne confirment pas

le résultat déduit par Herschel, des observations faites en 1790. C'était là, sur un point capital du système du monde, une anomalie qu'il importait de faire disparaître, car, par des raisons empruntées à la mécanique, l'immobilité de l'anneau semble difficile à concevoir. Pourquoi une clef de voûte n'obéit-elle pas à l'action de la pesanteur terrestre qui la sollicite à tomber? C'est que, par sa forme, elle ne pourrait se détacher de la voûte qu'en écartant les deux voussoirs voisins avec lesquels elle est en contact. Sa tendance à tomber vers le centre de la Terre se transforme donc en deux pressions exercées à droite et à gauche sur les deux voussoirs voisins. Mais sur une voûte qui ferait, à une certaine hauteur, le tour entier de la Terre, chaque voussoir pourrait être considéré comme clef de voûte, l'ensemble de l'édifice resterait donc intact, toutes les pressions dont nous avons parlé s'équilibrant entre elles réciproquement. Ainsi, l'existence momentanée d'une voûte formant une couronne équatoriale autour de la Terre et sans appui ou pied droit, n'aurait rien qui ne fût conforme aux principes élémentaires de la mécanique. Il faut seulement remarquer que si l'on voulait que cette voûte restât en équilibre, il faudrait que toutes ses parties fussent également attirées par la Terre, ce qui constituerait évidemment un état d'équilibre instable, lequel pourrait être dérangé par mille circonstances, par le passage accidentel d'une comète, ou même par l'action régulière de la Lune. Ces causes perturbatrices précipiteraient ce pont sur la Terre. Ces raisonnements hypothétiques peuvent être appliqués, en point de fait, à l'anneau qui existe

autour de Saturne. Si cet anneau ne tournait pas sur lui-même, il se serait déjà, sans doute, précipité en masse sur la planète en franchissant, dans telle ou telle direction, l'intervalle qui aujourd'hui les sépare et que tout nous porte à supposer invariable.

Laplace a cherché à quelles conditions l'anneau devrait satisfaire pour rester intact et permanent, même en le supposant fluide. Il a trouvé ainsi qu'il fallait le douer d'un mouvement de rotation sur son centre dont la durée serait de 10 heures 1/4, précisément la durée de rotation déduite par Herschel de ses observations de 1790.

Une condition également essentielle pour la stabilité du système, c'est que le centre de gravité de l'anneau ne coïncide pas mathématiquement avec le centre de la planète, en sorte que pendant le mouvement de rotation de l'anneau, ce centre de gravité un peu excentrique gravite vers le centre de Saturne comme un satellite, mais avec cette différence qu'étant idéal il est censé se mouvoir dans l'intérieur de la matière dont la planète est formée. C'est à Laplace que ces résultats sont dus; le grand géomètre était donc plus intéressé que personne à chercher un moyen de concilier les observations d'Herschel avec les observations en apparence contradictoires de Schrœter et d'Harding.

L'analyse a montré à Laplace que, si la largeur de l'anneau est peu considérable par rapport à sa distance au centre de Saturne, l'équilibre est possible quand la courbe génératrice est une ellipse dont le grand axe est dirigé vers le centre du globe. L'équilibre subsiste encore en supposant l'ellipse génératrice variable de grandeur

et de position dans l'étendue de la circonférence de l'anneau, pourvu que ces variations ne soient sensibles qu'à des distances beaucoup plus grandes que l'axe de la section génératrice. Ainsi l'anneau peut être supposé d'une largeur inégale dans ses diverses parties : on peut même le supposer à double courbure. « Ces inégalités, ajoute Laplace, sont indiquées par les apparitions et les disparitions de l'anneau de Saturne, dans lesquelles les deux bras de l'anneau ont présenté des phénomènes différents : elles sont même nécessaires pour maintenir l'anneau en équilibre autour de la planète; car s'il était parfaitement semblable dans toutes ses parties, son équilibre serait troublé par la force la plus légère, telle que l'attraction d'un satellite, et l'anneau finirait par se précipiter sur la planète. Les anneaux dont Saturne est environné sont par conséquent des solides irréguliers d'une largeur inégale dans les divers points de leur circonférence, en sorte que leurs centres de gravité ne coïncident pas avec leurs centres de figure. Ces centres de gravité peuvent être considérés comme autant de satellites qui se meuvent autour du centre de Saturne, à des distances dépendantes des inégalités des anneaux, et avec des vitesses angulaires égales aux vitesses de rotation de leurs anneaux respectifs. On conçoit que ces anneaux, sollicités par leur action mutuelle, par celle du Soleil et des satellites de Saturne, doivent osciller autour du centre de cette planète, et produire ainsi des phénomènes de lumière dont la période embrasse plusieurs années. »

Si les anneaux placés à des distances différentes de la planète doivent éprouver nécessairement des mouve-

ments de précession différents de la part du Soleil, leurs plans sont maintenus confondus précisément par l'aplatissement de la planète; de sorte que toutes les observations trouvent leur explication dans les lois de l'attraction universelle.

CHAPITRE X

L'ANNEAU DE SATURNE A-T-IL ÉTÉ FORMÉ AUX DÉPENS DE LA QUEUE D'UNE COMÈTE QUI, DANS SA COURSE, VINT A PASSER TRÈS-PRÈS DE LA PLANÈTE?

Il était naturel qu'une construction aussi singulière que celle dont Saturne nous offre l'image exerçât l'imagination de tous ceux qui s'occupent de cosmogonie. Mais il faut l'avouer, leurs efforts sont restés fort au-dessous des phénomènes qu'il s'agissait d'expliquer.

Maupertuis croyait que l'anneau a été produit par une queue de comète que Saturne a forcé de circuler autour de lui. La comète serait devenue satellite et la queue aurait formé l'anneau.

Mairan prétendait que Saturne fut originairement un globe beaucoup plus considérable qu'il ne l'est aujourd'hui, que l'anneau est le reste de l'ancien équateur de la planète réduite à un beaucoup plus petit volume par voie de refroidissement.

Buffon pensait, comme son confrère de l'Académie des sciences, que l'anneau fit primitivement partie de la planète, et que la force centrifuge l'en détacha.

Enfin, Cassini II, autrement dit Jacques Cassini, avait antérieurement imaginé que l'anneau est composé de l'ag-

glomération d'une multitude de satellites dont les orbites se touchaient presque de manière à former à la distance qui nous en sépare un corps continu. Dans ce système, contre lequel on pourrait faire des objections sérieuses, on parviendrait peut-être plus facilement à expliquer la formation de l'anneau intérieur observé en 1850 (ch. III, p. 440). Mais ce sont là des points délicats que je dois me contenter d'indiquer ici à l'attention des astronomes et des géomètres.

En essayant de remonter jusqu'à l'origine des choses pour expliquer la forme bizarre de Saturne, qui ne s'est peut-être pas reproduite une seconde fois parmi les millions d'astres que le firmament étale à nos regards, les cosmologues ont disposé à leur guise de la matière chaotique qui remplissait l'espace avant la formation des planètes. Quoique, à vrai dire, ils aient fait un usage très-ample de la force attractive combinée avec certains mouvements giratoires, c'est à peine si Saturne est sorti de leurs hypothèses avec quelques rudiments de la forme que nos lunettes lui assignent. Voici de quelle manière, selon les théoriciens, se serait transformée en un anneau de Saturne la queue d'une comète qui dans sa course vint à passer très-près de la planète.

On ne saurait nier qu'une molécule matérielle, se mouvant autour du Soleil dans une grande ellipse, ne puisse être détournée considérablement de sa route primitive par l'attraction de quelque puissante planète, si elle vient à en passer très-près. Le calcul fait même connaître, dans chaque cas, quelle devra être, numériquement, l'intensité de la force attractive, pour que la molécule abandonne

son ancien centre de mouvement, pour qu'elle soit forcée de circuler comme un satellite autour de la planète troublante. Ce que la puissance de la planète aura opéré sur une première molécule, elle le renouvellera sur une seconde, sur une troisième, etc., dès que ces molécules se trouveront dans les mêmes conditions de distance et de vitesse. Toutes les molécules qui parcouraient primitivement une même ligne droite près d'une planète, deviendront ainsi une série de satellites circulant exactement dans la même courbe. Si, originairement, ces molécules se trouvaient très-rapprochées; si elles étaient en très-grand nombre; si, en un mot, elles occupaient une ligne suffisamment longue, elles formeront autour de la planète, après que leur route aura été infléchie, un anneau fermé qui, vu de loin, paraîtra continu et extrêmement délié.

Ce que je viens de dire d'un premier filet rectiligne doit s'appliquer, mot à mot, à tous les autres filets plus ou moins éloignés de la planète, pourvu toutefois qu'on ne sorte pas de certaines limites de distances.

La queue d'une comète, quelle qu'en soit d'ailleurs la nature, semble pouvoir être assimilée à un faisceau de filets moléculaires analogues à ceux que nous venons de considérer. En passant près d'une grosse planète, chacun de ces filets s'infléchissant comme je viens de l'expliquer, leur ensemble doit prendre la forme d'une enveloppe annulaire sphérique ou elliptique, ayant à fort peu près son centre ou son foyer au centre même de la planète.

Nous voilà arrivés, par des déductions mathématiques, à une enveloppe annulaire, à une espèce de voûte suspendue. S'il en existait de cette espèce autour des planètes,

on pourrait regarder ce qui précède comme donnant le secret de leur formation. Mais l'anneau de Saturne n'a pas été sans raison appelé un anneau. Il a une largeur considérable, tandis que son épaisseur est extrêmement petite. On doit le considérer presque comme un plan. Pour qu'un faisceau de filets moléculaires rectilignes, en se courbant autour d'une planète, engendrât la figure de l'anneau de Saturne, il serait nécessaire que, primitivement, le faisceau fût plan lui-même; or les filets dont une queue de comète se compose dessinent dans l'espace un cylindre ou un cône. Jamais on n'en a vu qui formassent une couche plane presque sans épaisseur. Il est donc établi que, si l'on considère les éléments d'une queue comme détachés et tout à fait indépendants les uns des autres, ils ne pourront pas, en changeant de route auprès d'une planète, s'y disposer en forme d'anneau.

Mais, dira-t-on, pourquoi ne pas considérer la queue d'une comète comme un fluide élastique analogue à notre atmosphère, analogue à tant de substances gazeuses dont la chimie moderne s'est enrichie? Je réponds que rien jusqu'ici ne justifierait cette assimilation. Soit que l'on compare l'extérieur à l'intérieur d'une queue, soit qu'après avoir étudié sa base on porte ensuite ses regards vers l'autre extrémité, aucun phénomène n'y dévoile ces compressions graduellement croissantes, qui sont le trait distinctif des fluides élastiques. Admettons au surplus, pour un moment, que la longue traînée cométaire soit douée d'élasticité, et qu'elle vienne former autour de quelque planète une vaste atmosphère, elle s'aplatira dans le sens de son axe de rotation; elle prendra beau-

coup d'extension sur toute l'étendue de l'équateur. Il y a encore loin de là à cet anneau de Saturne, dont l'épaisseur est presque insensible, et qui, dans tous ses points, est séparé du corps de la planète par un intervalle de plus de 9,000 lieues. Voudra-t-on former l'anneau aux dépens de matières qui se déposeraient aux limites extérieures de l'atmosphère tournante? La supposition sera admissible; mais qu'aura-t-on gagné à faire intervenir une comète? Ces précipitations, ces agglomérations de matières opaques, ne pouvaient-elles pas se former tout aussi bien dans l'atmosphère primitive de la planète?

Maupertuis est, je l'ai dit plus haut, le premier qui ait considéré l'anneau de Saturne comme une queue de comète qui s'enroula autour du centre de la planète par l'effet de la puissante attraction de celle-ci. Quand son mémoire parut dans les *Transactions philosophiques* de Londres, on savait déjà que l'anneau n'était pas simple, qu'il se composait de deux anneaux distincts, faiblement séparés; que leur lumière, et principalement celle de l'anneau intérieur, surpassait en intensité la lumière du disque; qu'ainsi, suivant toute probabilité, la matière des anneaux était plus dense que celle de la planète, etc., etc.; mais il laissa ces circonstances à l'écart, il n'en fit pas même mention. Pour lui, le mystère se réduisit à expliquer comment une auréole lumineuse enveloppe Saturne de toute part. Une théorie aussi vague méritait à peine quelque attention il y a un siècle. Aussi n'en ai-je présenté la critique qu'à cause de l'obligation que je me suis imposée de faire un catalogue complet des prétendues interventions cométaires dans les phénomènes du monde matériel.

LIVRE XXX

URANUS

CHAPITRE PREMIER

ASPECT D'URANUS — SON MOUVEMENT PAR RAPPORT AU SOLEIL

La planète Uranus a été nommée aussi à l'origine *Georgium sidus*, puis *Herschel*, du nom de l'auteur de sa découverte. La date de cette découverte est le 13 mars 1781.

On représente Uranus par le signe ♅ dans lequel se trouve un globe surmonté de la première lettre du nom de l'illustre astronome de Slough.

Le mouvement d'Uranus est direct ou dirigé de l'occident à l'orient, pendant la plus grande partie de l'année. On reconnaît aisément qu'il est stationnaire quelque temps avant l'opposition et quelque temps après, et que sa marche est rétrograde dans l'intervalle. C'est le jour de l'opposition que sa vitesse rétrograde atteint son maximum. L'arc total de rétrogradation compris entre la station annuelle qui précède l'opposition et la station annuelle qui la suit, est de 3° 45′. La durée de la révolution synodique de la planète, ou le temps qui s'écoule entre deux conjonctions, est de 369 jours.

Uranus présente donc dans son mouvement des phénomènes analogues à ceux que nous avions observés en étudiant les planètes plus anciennement connues, Mars, Jupiter et Saturne.

La lumière d'Uranus le ferait ranger parmi les étoiles de sixième grandeur ; aussi l'aperçoit-on quelquefois à l'œil nu.

On ne voit sur le disque d'Uranus aucune trace de phases.

Le temps de la révolution sidérale de la planète est, en temps moyen, de 30,686^j.8, ou d'environ 84 de nos années. Sa distance moyenne au Soleil est 19.18 fois plus grande que le rayon vecteur de la Terre, ou égale à 730 millions de lieues de 4 kilomètres. Le plan de l'orbite est incliné sur l'écliptique de 46′ 28″. L'excentricité de la courbe décrite par Uranus est de 0.47. La distance du périhélie au Soleil est de 18.28, et celle de l'aphélie de 20.08, la distance moyenne du Soleil à la Terre étant 1.

La longitude du périhélie est de 167° 30′ 24″; celle du nœud ascendant de 72° 59′ 21″ ; la longitude moyenne de l'époque (1er janvier 1800) est de 173° 30′ 37″.

La force éclairante et calorifique du Soleil étant représentée par 1 à la surface de la Terre, n'est plus à la surface d'Uranus que de 0.003. En d'autres termes, la lumière et la chaleur du Soleil arrivent à Uranus avec une intensité égale à $\frac{1}{370}$, l'intensité à la surface de la Terre étant 1.

D'après M. Bouvard, la masse d'Uranus serait $\frac{1}{17,918}$; suivant M. Lamont elle est $\frac{1}{24.605}$, celle du Soleil étant 1.

La densité de la planète est 0.18, celle de la Terre étant 1, et la pesanteur à sa surface est 1.05, comparée également à la valeur de la pesanteur à la surface de la Terre prise pour unité.

CHAPITRE II

HISTOIRE DE LA DÉCOUVERTE D'URANUS

La découverte de la planète Uranus est une des principales conquêtes dont l'astronomie moderne a le droit de se montrer fière. Personne ne s'étonnera donc si j'en trace l'histoire avec quelques détails.

Le 13 mars 1781, entre 10 et 11 heures du soir, Herschel examinait les petites étoiles voisines de l'étoile H des Gémeaux, avec un télescope de 2m.13 de long, et à l'aide d'un grossissement de 227 fois. Une de ces étoiles lui parut avoir un diamètre inusité. Le célèbre astronome crut que c'était une comète. Pour vérifier sa conjecture, il substitua successivement des oculaires grossissant 460 et 932 fois, à celui que le télescope portait d'abord ; le diamètre apparent de l'étoile à l'aspect extraordinaire augmenta dans la proportion du grossissement. Il n'en fut pas de même des étoiles qui servaient de terme de comparaison : leur diamètre croissait avec beaucoup moins de rapidité. Le nouvel astre se distinguait des vraies étoiles par un autre caractère : il devenait très-faible et mal terminé quand les grossissements dépassaient certaines limites. Dans les mêmes circonstances, les images des étoiles conservaient du lustre et de la netteté. Ces remarques subtiles furent corroborées

par des observations d'une autre nature. N'ayant pas les instruments fixes qui, dans les grands Observatoires, servent à étudier les mouvements propres, Herschel compara l'astre sur lequel son œil exercé avait saisi des anomalies aux étoiles situées dans son voisinage. Un micromètre à fils particulier donnait, d'une part, la distance rectiligne cherchée, et, de l'autre, l'angle de position. Ces observations montrèrent bientôt que l'étoile se déplaçait[1]. Quoiqu'elle n'eût aucune trace de barbe ou de queue, Herschel n'hésita pas à la qualifier de *comète*. C'est sous ce nom qu'il en fut d'abord question à la Société royale de Londres. *Account of a Comet*, tel est le titre du Mémoire daté du 26 avril 1781, dans lequel, pour la première fois, Herschel a parlé de la planète Uranus (*Transactions philosophiques*, 1781, p. 492).

Aussitôt que les astronomes du continent eurent été avertis par Maskelyne, directeur de l'Observatoire de Greenwich, de la découverte d'Herschel, ils en firent l'objet de leurs travaux les plus assidus. Les uns, Messier, Lemonnier, Lalande, Méchain, Reggio, Césaris, Bode, Wargentin, etc., comparèrent, chaque nuit sereine, la position de l'astre mobile à celle des étoiles fixes situées dans son voisinage ; les autres, Laplace, le président de Saron, Méchain, Boscowich, Lexell, etc., cherchèrent à déterminer la courbe le long de laquelle

1. Si Herschel avait dirigé son télescope vers la constellation des Gémeaux onze jours plus tôt (le 2 mars au lieu du 13), le mouvement propre d'Uranus lui aurait échappé, car cette planète était, le 2, dans un de ses points de station. On voit par cette remarque à quoi peuvent tenir les plus grandes découvertes astronomiques.

le déplacement s'opérait. Malgré l'extrême habileté des calculateurs, le travail était sans cesse à recommencer. Quoique l'astre marchât avec beaucoup de lenteur, on ne parvenait jamais à représenter l'ensemble de ses positions. Les observations d'un mois renversaient de fond en comble l'édifice que les observations du mois précédent avaient permis d'élever sur des bases en apparence très-solides.

Ceux que ces hésitations, que ces insuccès renouvelés étonnent aujourd'hui outre mesure, n'ont pas assez réfléchi aux idées qui devaient dominer, en 1781, les géomètres et les astronomes célèbres dont j'ai cité les noms.

L'astre nouveau était annoncé comme une comète. Toutes les comètes connues avaient suivi jusque-là des ellipses extrêmement allongées, autant vaut dire presque des paraboles. Dans l'ensemble des paraboles cométaires inscrites dans les catalogues, on ne voyait aucune distance périhélie supérieure à 4.2, la distance du Soleil à la Terre étant supposée égale à l'unité. Telles étaient les conditions dans lesquelles les calculateurs essayaient de se renfermer ; ils voulaient à toute force que la comète nouvelle, comme ses devancières, parcourût une courbe très-allongée ; ils voulaient encore que le sommet de cette orbite ne fût pas très-éloigné du Soleil. On serait injuste en ne remarquant pas combien les observations micrométriques faites par Herschel peu de temps après sa première découverte pouvaient aussi égarer les calculateurs : elles n'allaient, en effet, à rien moins qu'à faire croire qu'en très-peu de jours, qu'à la suite d'un mouvement apparent en longitude de moins

d'un degré, la distance rectiligne du nouvel astre à la Terre avait diminué presque de moitié. Ces observations étaient inexactes, dira-t-on. Sans contredit; mais, quoique l'astronome fût alors peu connu[1], on ne pouvait pas naturellement imputer des erreurs de 1″ à 2″ dans la mesure micrométrique d'un diamètre angulaire, à l'observateur à qui il avait fallu tant de perspicacité, de pénétration, de finesse, pour saisir le caractère spécial du nouvel astre au milieu des étoiles proprement dites dont il semblait entouré.

M. de Saron brisa le premier ces entraves, du moins sur un des points. Le 8 mai 1781, il montra qu'on tenterait vainement de représenter la marche de la prétendue comète, tant qu'on ne supposerait pas sa distance périhélie, sa plus petite distance au Soleil, égale au moins à 14 fois la distance moyenne du Soleil à la Terre.

Ce pas une fois fait, l'astre se trouvant définitivement enlevé, par la remarque de M. de Saron, à la catégorie ordinaire des comètes; la nécessité étant désormais reconnue de mettre de côté les mesures micrométriques faites jusqu'alors par Herschel, les calculateurs devinrent plus libres dans leurs essais; ils abandonnèrent l'idée d'un mouvement parabolique et trouvèrent qu'une orbite circulaire d'un rayon égal à environ 19 fois la distance du Soleil à la Terre, satisferait assez bien à toutes les obser-

1. En Allemagne et en France, on écrivait son nom de la manière suivante dans les journaux et même dans les recueils scientifiques de l'année 1781 : Mersthel, Herthel, Hermstel, etc. On lit Horochelle dans la *Connaissance des Temps* de 1784.

vations de déplacement angulaire dont ils pouvaient alors disposer.

Je regrette de laisser planer quelque incertitude sur le nom du savant qui reconnut le premier la nécessité de recourir à une orbite à peu près circulaire. Dans le tome IV des *Mémoires de l'Académie de Pétersbourg*, publié en 1783, Lexell disait qu'il pourrait prouver par le témoignage de plusieurs astronomes que cet honneur lui appartenait ; mais la preuve, c'était pourtant l'essentiel, il ne la donna point ; Lexell n'indiqua pas même la date de ses essais. Or Laplace, dans sa théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes, mise au jour en 1784, par les soins de M. de Saron, fait remonter au mois d'août 1781 sa détermination d'un orbe circulaire d'un très-grand rayon. En rapprochant diverses circonstances, il serait facile de prouver que dans le mois d'août 1781, Lexell n'avait certainement rien achevé encore touchant la marche circulaire du nouvel astre. Il nous manque d'ailleurs l'élément d'après lequel les droits des inventeurs sont toujours appréciés sans équivoque : la date de la publication. Dans ce cas-ci, l'attention du monde savant étant vivement excitée par la comète rebelle sans queue et sans chevelure, les correspondances privées donnaient cours sur-le-champ aux moindres paroles prononcées devant les Académies, et même aux simples conjectures communiquées confidentiellement à des amis. Aussi l'Europe entière savait-elle que notre système solaire s'était enrichi d'une belle planète, assez longtemps avant d'en avoir les preuves sous les yeux.

Malgré tous mes soins, je n'ai trouvé aucun moyen de prononcer avec certitude que Laplace a précédé Lexell dans la détermination de l'orbite circulaire d'Uranus, pas plus qu'il ne me serait possible d'affirmer que l'astronome de Pétersbourg a eu l'antériorité sur l'illustre géomètre français[1]. Il n'y a que le président de Saron, dont tous les compétiteurs reconnaissent eux-mêmes les droits. La justice commande donc, ce me semble, de citer d'abord de Saron pour avoir montré, contre l'opinion commune, que le nouvel astre était à une immense distance : deux fois au moins plus éloigné du Soleil que Saturne[2], et d'attribuer ensuite, mais sans distinction, à Lexell et à Laplace la première preuve qu'on ait eue qu'une orbite circulaire représentait assez bien l'ensemble des observations.

1. La priorité semblerait appartenir à Lexell, s'il fallait en croire un Mémoire où Lalande parle d'une lettre de l'astronome de Pétersbourg, écrite de Londres en juin ou en juillet 1781, et communiquée à l'Académie des sciences. A cela je réponds que Lexell fait mention lui-même de cette lettre dans son travail ; qu'il cite Magellan, son correspondant, comme la personne qui en donna connaissance aux académiciens de Paris; mais qu'il n'y est question que d'une orbite parabolique, ayant au moins 8 pour distance périhélie, « ce qui servit, ajoute Lexell, à convaincre ceux des académiciens qui doutaient des résultats trouvés par le digne et respectable président de Saron, lequel en examinant quatre observations du nouvel astre, avait trouvé qu'une orbite parabolique, avec 14 de distance périhélie, satisfaisait assez bien aux observations. » (*Académie de Pétersbourg*, t. IV.)

2. Si l'on mettait en question le mérite qu'il y a eu à s'assurer que l'éloignement du nouvel astre était extrême, je dirais que Méchain, dont l'habileté comme calculateur n'a jamais soulevé un doute, trouvait dans ses premiers calculs, pour la distance périhélie, 0.46 au lieu de 8.28.

Quant aux éléments elliptiques de l'astre d'Herschel, ils ont été calculés, pour la première fois, par Laplace et par Méchain. Les éléments de Laplace furent communiqués à l'Académie des Sciences dans le mois de janvier 1783. On les trouve dans l'ouvrage intitulé : *Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes.*

Herschel ne prit aucune part au long débat qui suivit l'annonce de sa belle découverte ; mais, quand les recherches de Saron, de Laplace, de Lexell eurent montré que l'étoile mobile découverte le 13 mars 1781 était, non une comète, comme on l'avait d'abord supposé, mais une grosse planète, située aux confins de notre système, il réclama le droit qui lui appartenait incontestablement, de donner un nom à ce nouvel astre. Le nom qu'Herschel proposa fut celui de *Georgium sidus*, l'astre de George [1]. L'astronome témoignait ainsi de sa juste reconnaissance envers le souverain, ami des sciences, qui venait de le placer dans une position indépendante. Lexell remarqua avec raison que le mot *sidus* (étoile) impliquait la fausse idée d'immobilité. Il proposa d'appeler la nouvelle planète *le Neptune de George III.* « Ce sera, disait-il, un moyen d'éterniser la mémoire des grands exploits que les flottes anglaises ont faits pendant les deux dernières années. » Pour le coup, la flatterie était singulière. Je ne discuterai pas ici les exploits, mais n'était-il pas burlesque qu'en vue de les éterniser, on proposât de choisir une découverte qui n'appartenait, sous aucun rapport, à des Anglais? Ce fut, en effet, le

1. Horace avait dit *Julium sidus.*

Hanovrien Herschel qui reconnut le mouvement propre du nouvel astre ; ce furent les recherches, les calculs des Français et des Allemands qui en déterminèrent la nature, qui en firent véritablement une planète.

En France, Lalande voulait qu'on suivît l'usage déjà adopté dans des circonstances pareilles par les anatomistes, par les botanistes ; il demanda pendant plusieurs années avec beaucoup de vivacité, que la nouvelle planète s'appelât *Herschel*. Sa persistance fut sans résultat ; les amis de la mythologie l'emportèrent ; mais dans ce camp aussi il existait des dissidences.

Prospérin se croyait sûr du succès en proposant le nom de *Neptune*. Saturne ne se serait-il pas trouvé alors entre ses deux fils, l'un, Jupiter, plus rapproché du Soleil que lui, l'autre, Neptune, plus éloigné ?

Lichtemberg ne pouvait pas réussir en appuyant le nom d'*Astrée* sur cette considération épigrammatique qu'en quittant la Terre, où vainement elle avait cherché à établir son règne, la déesse de la justice dut aller, par dépit, se réfugier le plus loin possible de notre globe.

Poinsinet ne voyait rien à opposer au choix qu'il avait fait du nom de *Cybèle*. Les pères des dieux, Saturne et Jupiter, occupant une place dans le firmament, ne semblait-il pas impossible que leur mère en restât plus longtemps bannie ?

Bode, à son tour, exposait avec une entière confiance le motif qui l'avait porté à préférer le nom d'*Uranus*. On devait une réparation au plus ancien des dieux ; les régions les plus enfoncées dans les profondeurs de notre

système ne convenaient-elles pas d'ailleurs à merveille au vénérable vieillard ?

Le nom d'Uranus a prévalu.

Si Lalande échoua dans son projet de décerner une sorte d'apothéose à Herschel, il fit, du moins, adopter pour désigner la nouvelle planète, un signe (♅ ou ♅), qui, à peu de chose près, reproduisit l'initiale du nom de l'illustre astronome de Slough. Ce signe est actuellement en usage en France, en Angleterre, en Italie, etc. Les Allemands ont préféré la figure (⛢) que Kœhler, de Dresde, proposa, dès l'origine, pour représenter à la fois Uranus en astronomie et le platine en chimie [1].

CHAPITRE III

ANCIENNES OBSERVATIONS D'URANUS

Dans la supposition d'une orbite circulaire, même légèrement elliptique, décrite par Uranus, le nouvel astre, abstraction faite de la lumière du jour ou de celle que répand le crépuscule, devait avoir été également visible à toutes les époques. Comment se faisait-il donc qu'avant Herschel on ne l'eût jamais aperçu ? Par quelle fatalité

1. Le père Hell fit frapper des médailles de platine en commémoration de la découverte d'Herschel. Je rappellerai ici que les signes suivants étaient employés à la fois par les anciens chimistes pour quelques-uns des principaux métaux, et par les astronomes pour les grands corps du système planétaire :

l'or	l'argent	le mercure	le cuivre	le fer	le zinc	le plomb
☉	☾	☿	♀	♂	♃	♄
le Soleil	la Lune	Mercure	Vénus	Mars	Jupiter	Saturne

les astronomes, si attentifs à déterminer les étoiles zodiacales, avaient-ils négligé d'en observer une toujours classée dans cette catégorie, et qui, par son éclat, appartenait à la sixième grandeur, c'est-à-dire aux dernières étoiles qu'on voie à l'œil nu?

Ces difficultés ne renversaient certainement pas, quant aux observations de 1781, les résultats des calculs directs et parfaitement démonstratifs de Laplace et de Lexell; mais elles pouvaient conduire à supposer que le nouvel astre se mouvait dans un cercle depuis peu d'années; que c'était une comète dont les perturbations avaient modifié l'orbite; une comète qui, après avoir parcouru pendant des siècles des courbes très-allongées, se trouvait ramenée, par l'action troublante des planètes, à décrire une ellipse sans excentricité appréciable.

Une remarque de Bode coupa court à ces doutes, à ces conjectures. En parcourant attentivement les catalogues d'étoiles zodiacales, ce savant reconnut que Mayer observait, en 1756, dans la constellation des Poissons, une étoile de sixième grandeur dont on ne retrouvait aucun vestige en 1781, ni à la place où le célèbre astronome de Gœttingue l'avait vue, ni dans le voisinage. D'après l'orbite circulaire d'un rayon dix-neuf fois plus grand que la distance moyenne de la Terre au Soleil, cette place était à peu près celle que le nouvel astre devait occuper au moment de l'observation de Mayer.

Bode constata ensuite, de la même manière, que Flamsteed inscrivait l'astre en question parmi les étoiles zodiacales de l'*Histoire céleste*, le 13 décembre (vieux style) de l'année 1690.

Lemonnier, en parcourant ses registres, trouva que, lui aussi, avait observé trois fois la prétendue comète d'Herschel en 1763 et en 1769; Bessel reconnut cet astre dans le grand catalogue de Bradley à la date du 3 décembre 1753; à l'observation déjà signalée par Bode dans l'*Histoire céleste* de Flamsteed, Burckhardt en ajouta quatre autres du 2 avril 1712, des 5, 6 et 11 mars 1715. Bouvard reprenant ligne à ligne les journaux manuscrits de Lemonnier, déposés à l'Observatoire de Paris, y trouva neuf observations que cet ancien académicien lui-même n'avait pas reconnues comme des positions du nouvel astre [1].

CHAPITRE IV

GRANDEUR D'URANUS — SA FORME — SA ROTATION

A sa distance moyenne à la Terre, le diamètre angulaire d'Uranus est d'environ 4″; son diamètre réel est 4.3, celui de la Terre étant 1. Son volume est 82 fois environ le volume de la Terre.

1. Dans ces observations, plusieurs sont d'un seul et même mois. Si les écritures eussent été tenues avec ordre, si les déterminations d'ascension droite et de déclinaison de chaque jour avaient figuré dans des colonnes régulières et en regard, un simple coup d'œil aurait fait voir à Lemonnier, en janvier 1769, qu'il observait un astre mobile, et le nom de cet astronome, au lieu du nom d'Herschel, se trouverait à jamais lié à celui d'une des principales planètes du système solaire. Mais les registres de Lemonnier étaient l'image du chaos. Bouvard me fit voir, dans le temps, que l'une des observations de la planète Uranus était inscrite sur un sac de papier qui avait anciennement contenu de la poudre à poudrer les cheveux, achetée chez un parfumeur.

Le Mémoire du 26 avril 1781, dans lequel Herschel a fait connaître la découverte d'Uranus, renferme aussi des mesures du diamètre apparent du nouvel astre, prises avec deux micromètres dont l'auteur ne fait pas connaître la nature, et à l'aide de grossissements de 932, de 460 et de 227. Herschel trouvait pour ce diamètre, le 17 mars 1781, 2″.9 ; le 2 avril, 4″.4 ; le 15 avril, 5″.3. Ces premières valeurs du diamètre apparent d'Uranus différaient entre elles beaucoup plus que la forme circulaire de l'orbite ne le comportait. Les appréciations des autres astronomes discordaient encore davantage. Ainsi, Maskelyne s'arrêtait à 3″ ; Lexell, à moins de 5″ ; les observateurs de Milan, à 6″ ou 7″ ; Mayer, de Manheim, à 10″.

C'étaient, sur les volumes, des variations dans le rapport de 1 à 37. Herschel ne pouvait pas laisser la grandeur de la nouvelle planète dans ce misérable état d'incertitude. Malgré l'extrême difficulté qu'on rencontre inévitablement dans la mesure des très-petits angles, la perfection des télescopes de Slough, la puissance amplificative que ces instruments supportaient, devaient faire espérer, sinon des résultats mathématiquement exacts, du moins une diminution considérable dans les limites des erreurs possibles, en plus et en moins. Tel fut l'objet du Mémoire qu'Herschel présenta à la Société royale de Londres, le 7 novembre 1782, et qui a paru dans le volume LXXIII des *Transactions philosophiques*.

Cette fois le célèbre astronome se servit du micromètre à lampe de son invention (liv. XIV, chap. II, t. II, p. 66), et aussi du micromètre à fils. Voici ses divers résultats :

Dates des observations.			Instruments employés.	Grossissements.	Diamètres apparents mesurés.
19	novembre	1781,	micromètre à fils....	227 fois	5″.2
28	*id.*		micromètre à lampe.	227 fois	5 .0
9	septembre	1782,	micromètre à fils....	460 fois	4 .2
4	octobre	1782,	micromètre à lampe.	227 fois	3 .7
12	*id.*	1782,	*id.*	227 fois	4 .2
19	*id.*	1782,	*id.*	227 fois	3 .8
26	*id.*	1782,	*id.*	227 fois	3 .5
4	novembre	1782,	*id.*	227 fois	4 .3

L'accord n'était pas aussi parfait qu'on aurait pu le désirer. L'auteur des observations en convenait lui-même. Aussi, tout ce qu'il se hasardait à conclure de l'ensemble des résultats, c'est que le diamètre apparent d'Uranus ne devait être ni sensiblement plus grand, ni sensiblement plus petit que 4″ ; c'est que le diamètre réel de la nouvelle planète se trouvait entre quatre fois et quatre fois et demie le diamètre réel de la Terre.

Les astronomes admettent tous aujourd'hui un diamètre apparent de 3″.9 pour la distance moyenne de la planète à la Terre, ce qui donne la figure suivante (fig. 347) pour la grandeur apparente d'Uranus réduite



Fig. 347. — Grandeur apparente du disque d'Uranus à la distance moyenne de la planète à la Terre.

à la même échelle (1 millimètre pour 1 seconde) que les figures qui représentent déjà dans cet ouvrage les grandeurs apparentes des disques de Mercure, de Vénus, de Mars, de Jupiter et de Saturne.

Il y a dans le Mémoire d'Herschel de 1782 une pre-

mière tentative pour déterminer la forme d'Uranus. A la date du 13 octobre 1782, l'illustre astronome disait qu'ayant observé la planète avec des grossissements de 227, de 278, de 460, et même de 625 fois, le disque lui parut parfaitement tranché et circulaire. Il ne doutait pas qu'un aplatissement égal à celui du globe de Jupiter n'eût été alors parfaitement visible.

Plus tard, des traces d'aplatissement s'offrirent au grand astronome. Le 26 février 1794, par exemple, il écrivait dans son journal : « Télescope de 20 pieds ($6^m.09$), 480 de grossissement : la planète paraît un peu allongée dans la direction des plus grands axes des orbites des satellites. »

L'année d'après, le 21 avril 1795 : « Le télescope de 10 pieds ($3^m.04$), grossissant 400 fois, donnait à la planète une forme légèrement elliptique. Cette forme elliptique persistait quand, au premier oculaire, on en substituait un second qui portait le grossissement à 600 fois.

De toutes les tentatives que fit Herschel pour s'assurer de la vraie figure d'Uranus, celle qui le convainquit le mieux de l'existence d'un aplatissement porte la date du 5 mars 1792. Il y employa un miroir de 6 mètres nouvellement poli ; des grossissements de 240, de 300, de 600, de 800, de 1,200, même de 2,400, et toujours avec un résultat identique.

Une forme qui s'était également révélée, avec des grossissements si divers et à l'aide de télescopes de 2, de 3 et de 6 mètres, ne semblait pas pouvoir résulter de simples illusions d'optique. « J'en conclus donc, sans

hésiter, disait Herschel, que la planète de George tourne sur son axe avec une grande vitesse. »

M. Mædler, par des observations récentes, a cru également y avoir constaté l'existence d'un aplatissement sensible égal à 1/10e. Le diamètre le plus court, au lieu d'être perpendiculaire au plan de l'orbite, ferait avec ce plan un angle de 76°. Mais d'autres astronomes sont en désaccord, sous ce rapport, avec le savant observateur de Dorpat. M. Otto Struve, par exemple, dit avoir trouvé le disque d'Uranus parfaitement circulaire avec la puissante lunette de Poulkova.

La grande vitesse de rotation n'est guère douteuse si l'aplatissement d'Uranus est sensible; mais cet aplatissement, je ne saurais dire pourquoi l'astronome de Slough n'en a jamais déterminé la valeur. Y a-t-il une différence entre deux diamètres rectangulaires d'un disque? Cette question est assurément plus facile à résoudre par des mesures micrométriques que par une simple inspection d'un disque amplifié. Ce n'est pas dans ce cas-ci qu'une chose visible se déroberait à la puissance des instruments.

Dans Jupiter, dans Saturne, les plans des orbites des satellites font de très-petits angles avec le plan de l'équateur de la planète. En étendant, par analogie, ce résultat à Uranus, nous arriverons à une conséquence singulière: nous trouverons que l'axe de rotation hypothétique de cette planète doit être à peu près couché sur l'écliptique, car les satellites se meuvent perpendiculairement à ce plan. Il y aura donc des époques où l'aplatissement, quel qu'il soit, ne sera pas visible. Un ellipsoïde paraît

évidemment un cercle quand le prolongement de son axe de révolution passe par l'œil de l'observateur. Uranus n'offrira donc aucune trace d'ellipticité quand son petit axe sera dirigé vers la Terre, c'est-à-dire deux fois pendant chaque révolution de la planète autour du Soleil.

Plusieurs fois dans ses études télescopiques, en 1787 (miroir de 6 mètres), en 1789, Herschel crut voir qu'Uranus était entouré de deux anneaux placés perpendiculairement l'un à l'autre. Cette forme persistait avec des grossissements de 157, de 300, de 480, de 589, et aussi quand on faisait tourner sur leur axe, soit le miroir, soit l'oculaire. Malgré cela, une observation du 26 février 1792, faite avec un miroir de 2 mètres de foyer, ayant montré, durant 3^h 1/2, l'apparence d'anneau dans la même position relativement au tuyau du télescope, quoique dans ce long intervalle il eût dû y avoir un changement considérable par l'effet du mouvement diurne du ciel, Herschel s'arrêta décidément à l'opinion qu'Uranus n'a point d'anneau.

CHAPITRE V

SATELLITES D'URANUS

L'immense éloignement d'Uranus, son petit diamètre angulaire, la faible intensité de sa lumière, ne permettaient guère d'espérer que si cet astre avait des satellites dont les grandeurs fussent, relativement à sa propre grandeur, ce que les satellites de Jupiter, de Saturne, sont par rapport à ces deux grosses planètes, aucun

observateur parvînt à les apercevoir de la Terre. Herschel n'était pas homme à s'arrêter devant ces conjectures décourageantes. De puissants télescopes dans leur construction ordinaire, c'est-à-dire avec les deux miroirs conjugués, ne lui ayant rien fait découvrir, il les remplaça, au commencement de janvier 1787, par des télescopes *front-view*, par des télescopes qui donnent beaucoup plus d'éclat aux objets, car le petit miroir est alors supprimé, et avec lui disparaît une des causes de déperdition de lumière.

En se servant, le 11 janvier 1787, d'un télescope *front-view* (dont les dimensions ne sont pas données[1]): Herschel vit Uranus entouré de quelques étoiles très-petites. Leurs positions, relativement à la planète, furent marquées avec toute la précision possible. Le lendemain deux de ces étoiles avaient disparu!

Cet indice de l'existence des satellites amena les observations très-scrupuleuses des 14, 17, 18, 24 janvier ; les observations des 4 et 5 février, et surtout celles du 7 du même mois. Ce dernier jour, l'illustre astronome resta, pendant neuf heures consécutives, l'œil constamment appliqué au télescope, et il eut la satisfaction de voir un satellite se mouvoir graduellement le long d'une portion considérable de son orbite. L'existence d'un second satellite ne fut pleinement constatée que le surlendemain 9.

1. D'après ce que je lis dans un Mémoire d'Herschel de 1815, il est évident que pour les observations des satellites d'Uranus, il s'est ordinairement servi de télescopes de 20 pieds anglais (6ᵐ.09) de long. Des télescopes plus courts ne font pas voir même les plus brillants de ces astres.

Cette série d'observations, quoique étendue jusqu'au 11 février, ne permettait pas d'assigner avec beaucoup de précision le temps que les deux satellites employaient à parcourir le contour entier de leurs orbites. Aussi, Herschel, toujours sincère, se borna-t-il à en conclure :

Que la révolution synodique du premier satellite, du plus voisin d'Uranus, s'opérait en huit jours et trois quarts environ ;

Que la durée de la révolution du second était à peu près de treize jours et demi ;

Que les plans des deux orbites faisaient l'un et l'autre avec l'écliptique des angles considérables.

Herschel, comme on le pense bien, chercha à étendre ces premiers résultats. Dans un Mémoire daté du 14 décembre 1797 (voir le LXXVIIIe volume des *Transactions philosophiques*), il annonça :

Qu'il avait constaté l'existence de quatre nouveaux satellites, ce qui portait le nombre total à six.

Les positions relatives de ces six satellites d'Uranus et la date de leur découverte se trouvent consignées dans un petit tableau que j'extrais du Mémoire d'Herschel :

	Dates des découvertes.
Premier satellite, le plus rapproché de la planète........................	18 janvier 1790
Deuxième satellite, le plus rapproché de la planète parmi les deux anciens...	11 janvier 1787
Troisième satellite....................	26 mars 1794
Quatrième satellite, le plus éloigné des deux anciens......................	11 janvier 1787
Cinquième satellite....................	9 février 1790
Sixième satellite, celui de tous qui est le plus éloigné de la planète........	28 février 1794

Herschel avait trouvé tant de difficultés, non-seulement à observer, mais, qui plus est, à apercevoir ces astres presque invisibles; il lui était si souvent arrivé de prendre pour des satellites de très-petites étoiles situées accidentellement dans le voisinage de la planète, qu'il n'osait presque pas, à la date de son second Mémoire, aborder encore la question de la durée des révolutions périodiques. Pour satisfaire néanmoins la curiosité des astronomes, il présenta les résultats suivants :

	Durée de la révolution.	
1er satellite.	5j 21h 25m.	Déduite, par la troisième loi de Kepler, de la révolution déjà trouvée du quatrième, et de la supposition que le rayon de l'orbite de ce premier satellite sous-tend un angle de 25″.5.
2e satellite.	8j 3/4.....	Déterminée en 1787.
3e satellite.	10j 23h 4m.	Déduite de l'hypothèse que ce satellite est juste au milieu de l'intervalle compris entre le deuxième et le quatrième, ou que sa distance au centre de la planète est égale à 38″.6.
4e satellite.	13j 1/2.....	Déterminée en 1787.
5e satellite.	38j 1h 49m.	Déduite d'une observation de distance qui plaçait ce cinquième satellite deux fois plus loin de la planète que le quatrième.
6e satellite.	107j 16h 40m au moins.	Déduite d'une observation d'où il résultait que ce sixième satellite était au moins quatre fois aussi éloigné de la planète que le quatrième.

Ces résultats sont assez peu satisfaisants, et néanmoins ils ont encore une apparence d'exactitude usurpée, car il n'est pas légitime de donner jusqu'à la précision des minutes, des nombres calculés, à la détermination des-

quels ont concouru d'autres nombres qui eux peuvent être affectés d'erreurs s'élevant à plusieurs heures.

Ce que le Mémoire de 1797 renferme de plus important se trouve contenu dans cette phrase, donnée au reste sans développement : « Je saisis l'occasion d'annoncer que le mouvement des *Georgian satellites* est rétrograde. »

Le troisième et dernier Mémoire d'Herschel sur les satellites d'Uranus est du 8 juin 1815. Plusieurs astronomes conservaient des doutes sérieux sur l'existence des quatre satellites annoncés dans le Mémoire de 1797. A l'aide de diverses observations faites pendant l'année 1798, Herschel ajoute de nouveaux arguments à ceux qu'il avait déjà présentés concernant le mouvement propre des quatre petits astres aperçus en 1797 près d'Uranus; néanmoins on voit clairement que son intention est encore de se renfermer, à ce sujet, dans la limite des simples probabilités.

Quant aux deux satellites découverts les premiers, je veux dire les satellites de 1787, Herschel en perfectionne considérablement la théorie dans son Mémoire de 1815. Une discussion laborieuse lui donne pour les temps des révolutions synodiques, qu'il avait précédemment exprimés en fractions de jour seulement :

8^j	16^h	56^m	5^s
13	11	8	59

Le nœud ascendant des orbites, Herschel le place par 165° 50′.

L'inclinaison des plans des orbites au plan de l'écliptique, il la trouve de 78° 58′.

Enfin il renouvelle, quant au sens du mouvement des deux satellites, son assertion de 1797; il proclame sans équivoque le résultat suivant, remarquable surtout comme une anomalie unique dans l'ensemble des mouvements de notre système solaire, si l'on excepte les comètes : « Les deux satellites d'Uranus circulent autour de la planète en rétrogradant; » ou bien, car c'est la même chose, les termes seuls diffèrent, « ces satellites décrivent les arcs septentrionaux compris entre les nœuds ascendants et les nœuds descendants de leurs orbites, par des mouvements dirigés de l'est à l'ouest. »

Suivant Herschel, des deux satellites incontestés, le premier (le plus rapproché de la planète) serait en général plus lumineux que l'autre.

En observant assidûment ces deux satellites, le grand astronome de Slough a cru trouver aussi que leurs intensités comparatives varient beaucoup, que même le second satellite surpasse quelquefois le premier.

Ces variations, l'auteur les expliquerait, soit à l'aide d'un mouvement de rotation des satellites, d'où résulterait que durant chaque révolution autour de la planète, ces petits astres nous présenteraient tour à tour les diverses parties, sans doute inégalement lumineuses, de leurs surfaces; soit, si les changements d'intensité n'étaient pas réguliers, par des atmosphères qui couvriraient ou laisseraient successivement à nu des portions plus ou moins étendues des corps obscurs intérieurs, ainsi qu'on l'observe dans le Soleil, dans Jupiter et dans Saturne.

De l'ensemble des observations consignées dans le Mémoire de 1797 découlait cette conséquence que les satellites d'Uranus ne sont jamais visibles quand leur distance angulaire à la planète est au-dessous de certains nombres. Pour le premier satellite, cette distance limite est de 14″, et pour le second de 17″.

De pareilles disparitions ne sauraient être attribuées à l'influence d'une atmosphère d'Uranus, puisque le phénomène a également lieu soit que le satellite se trouve sur la portion antérieure ou sur la portion postérieure de son orbite. On n'aurait pas plus de raison d'en chercher la cause dans des mouvements de rotation, mouvements d'où résulterait qu'à partir de certaines distances à la planète, les satellites nous présenteraient des faces comparativement obscures. Les autres circonstances étant égales, les très-petites étoiles s'effacent, en effet, aux mêmes distances que les satellites. Il ne faut donc voir en tout cela qu'une confirmation de cette maxime d'optique : une grande lumière empêche de voir les lumières très-faibles placées dans son voisinage ; seulement, il y a ici cette singularité qu'Uranus joue le rôle d'une grande lumière.

On pourrait se demander : l'auréole lumineuse dont Uranus était entouré et qui effaçait les satellites et les très-petites étoiles, existait-elle au foyer comme effet des aberrations des miroirs des télescopes, ou naissait-elle dans l'œil à raison du dépoli de la cornée? Pour résoudre la question, il eût suffi de rechercher si en couvrant Uranus avec un mince fil placé au foyer, on aurait fait renaître le satellite à des distances où il s'était d'abord effacé quand

la planète était visible. Il est dommage qu'Herschel n'ait pas songé à faire ce genre d'observations.

Le travail d'Herschel eût été incomplet s'il n'avait pas présenté en secondes de degré les élongations des deux satellites. Rien d'ailleurs n'était plus propre à montrer combien les observations de ces astres, vraiment microscopiques, offrent de difficultés. Parvenu à ce point l'astronome hésite; les discordances de ses résultats partiels lui reviennent alors désagréablement à l'esprit. Forcé de prendre un parti, il s'arrête, pour l'époque de ses observations, à 36″ comme élongation réelle du premier satellite, et à 48″ comme élongation du second.

Quelques mots suffiront, s'il faut indiquer ici le peu que nous avons appris sur les satellites d'Uranus, depuis les travaux de William Herschel dont je viens de donner l'analyse.

En mettant à profit ses propres observations des années 1828, 1830, 1831 et 1832, le fils du grand astronome a trouvé les nombres suivants, pour les temps périodiques des deux satellites de 1787, les seuls qu'il soit parvenu à voir avec ses télescopes de 6 mètres nouvellement polis :

8^j	16^h	56^m	31^s.3
13	11	7	12.6

Les recherches de sir John Herschel sont de 1834. Elles ont paru l'année suivante dans le tome VIII du recueil que publie la Société astronomique. Le Mémoire dont il me reste à rendre compte est encore plus récent. Il fait partie du volume des *Transactions philosophiques* de 1838. Ce travail a pour auteur M. Lamont, directeur

de l'Observatoire royal de Munich. Voici ce qu'on y trouve concernant les temps des révolutions des deux satellites :

8j	16h	56m	28s.5
13	11	7	6.3

M. Lamont donne pour les rayons de leurs orbites supposées circulaires :

31″.3
40 .1

Ces deux derniers résultats sont relatifs à une distance de la planète à la Terre exprimée par le nombre 19.223, la distance moyenne de la Terre au Soleil étant l'unité.

M. Lamont a cru apercevoir, dans ses observations des deux principaux satellites d'Uranus, des indices évidents de l'ellipticité des orbites; mais il a réservé pour un temps à venir l'examen détaillé de cette question délicate. Ses calculs actuels, comme ceux de MM. William et John Herschel, ont été faits dans l'hypothèse de mouvements circulaires.

M. Lamont dit aussi, dans son Mémoire, avoir vu et observé le sixième satellite d'Uranus alors connu, dans la soirée du 1er octobre 1837.

La masse d'Uranus que M. Lamont déduit de ses observations des deux principaux satellites, est de $\frac{1}{24,600}$, c'est-à-dire d'un quart plus petite que celle dont M. Bouvard a trouvé la valeur d'après les perturbations produites par la planète.

William et John Herschel se sont servis, pour leurs observations des satellites d'Uranus, de télescopes de

12 et de 6 mètres. M. Lamont a fait usage d'une lunette achromatique de $4^{m}.87$ de long et de $0^{m}.28$ d'ouverture, construite à Munich.

Sir John Herschel a signalé aux astronomes un *criterium* d'après lequel ils seront en mesure de décider si leurs instruments sont assez forts et leur vue assez délicate pour qu'ils puissent se livrer avec quelques chances de succès à la recherche des satellites d'Uranus. Voici en quoi il consiste.

Entre les étoiles β^1 et β^2 du Capricorne, vers le milieu de leur intervalle en ascension droite, un tant soit peu au nord de la ligne droite qui les joindrait, il existe une étoile double, composée de deux étoiles de seizième et de dix-septième grandeur, distantes l'une de l'autre d'environ 3''. Tout instrument qui ne montrera pas distinctement ces deux étoiles de seizième et de dix-septième grandeur, ne pourra certainement pas servir à l'observation des satellites d'Uranus. Sir John Herschel a trouvé, en effet, dans son Journal astronomique, je ne sais à quelle date, cette remarque décisive : « Les deux composantes de l'étoile double comprise entre β^1 et β^2 du Capricorne, sont des objets splendides en comparaison des satellites d'Uranus.

Sir John Herschel pose encore comme une nécessité dans l'observation de ces satellites un grossissement de 300 fois au moins, quelle que soit d'ailleurs l'ouverture, et dès lors la puissance lumineuse de l'instrument employé. Son père n'était pas tout à fait aussi affirmatif. Les grossissements de 300 et au delà ne lui semblaient indispensables que pour arriver à la vision permanente,

continue des satellites. William Herschel les découvrit avec un grossissement de 157 fois seulement; mais il ne les apercevait alors que par moments, comme des étincelles. Leur observation continue ne devint possible qu'avec des grossissements de 300, 600 et 800.

Une découverte récente a ajouté un nouvel intérêt à l'étude du monde d'Uranus. Les 24, 28 et 30 octobre et 2 novembre 1851, M. Lassell a observé distinctement deux nouveaux satellites situés plus près encore de la planète que le premier satellite de William Herschel ayant une révolution d'environ 5 jours et 21 heures.

Il résulte de la découverte de M. Lassell que le nombre des satellites d'Uranus aujourd'hui connus s'élève à 8, et qu'il faut changer les numéros d'ordre qui avaient été établis par les travaux d'Herschel, ces numéros d'ordre devant représenter l'ordre des distances des satellites à la planète.

Les deux plus visibles des huit satellites d'Uranus sont le quatrième et le sixième. Les temps de leurs révolutions ont été déterminés avec une grande précision.

Quant aux autres satellites d'Uranus, les périodes ont été généralement déduites de la mesure de leurs plus grandes élongations par la troisième loi de Kepler.

Deux des huit satellites n'ont été aperçus par aucun astronome depuis l'annonce de leur découverte par William Herschel. On pourrait donc, à toute rigueur, douter de leur existence. Quant au troisième, il a été aperçu récemment par M. Lassell, de Liverpool, et par M. Otto Struve, de Poulkova. Le cinquième, intermédiaire entre

les deux plus brillants, a été vu par M. Lassell à l'aide d'un puissant télescope.

Les orbites du quatrième et du sixième satellite sont presque perpendiculaires à l'écliptique, leurs inclinaisons sur ce plan ne sont pas au-dessous de 79°.

Les distances moyennes des satellites à Uranus, le demi-diamètre de la planète étant 1, et les durées de leurs révolutions, sont représentées par les chiffres suivants :

Nos d'ordre des satellites.	Distances moyennes.	Durées des révolutions.					
1er	7.44	2j.52	ou	2j	12h	28m	48s
2e	10.37	4.14		4	3	27	22
3e	13.12	5.89		5	21	25	55
4e	17.01	8.71		8	16	55	12
5e	19.85	10.96		10	23	3	50
6e	22.75	13.46		13	11	6	43
7e	45.51	38.08		38	1	48	0
8e	91.01	107.69		107	16	39	22

Les dates des découvertes de ces petits astres se résument ainsi :

Nos d'ordre des satellites d'après leurs distances à Uranus.	Nos d'ordre d'après leur découverte.	Dates de leurs découvertes.
1	7	octobre 1851
2	8	octobre 1851
3	3	18 janvier 1790
4	1	11 janvier 1787
5	6	26 mars 1794
6	2	11 janvier 1787
7	4	9 février 1790
8	5	28 février 1794

Nous répétons en terminant que les satellites d'Uranus parcourent leurs ellipses autour de la planète par un mouvement rétrograde, ou dirigé de l'orient à l'occident.

Les mouvements propres de ces corps s'exécuteraient donc (les comètes mises à part) en sens contraire des mouvements propres de toutes les planètes principales, de leurs satellites et de tous les mouvements de rotation connus. C'est là, pour le dire en passant, une puissante objection contre les systèmes cosmogoniques le plus en crédit.

LIVRE XXXI

NEPTUNE

CHAPITRE PREMIER

ASPECT DE NEPTUNE — SON MOUVEMENT PAR RAPPOR AU SOLEIL

La planète Neptune a été découverte à Berlin, le 23 septembre 1846, par M. Galle ; elle occupait dans le ciel à très-peu près la place que M. Le Verrier lui avait assignée par les remarquables calculs qui en avaient démontré l'existence très-probable. J'avais proposé de lui donner le nom de Le Verrier, comme j'eusse voulu qu'on laissât à la planète Uranus le nom d'Herschel. Cette opinion, que m'inspiraient l'amour des sciences et un légitime sentiment de nationalité, n'a pas prévalu.

La planète Neptune est représentée par un trident ♆, attribut du dieu des mers.

Cette planète n'est pas visible à l'œil nu ; elle a l'aspect d'une étoile de huitième grandeur.

Elle se meut avec une grande lenteur dans une orbite qui fait avec le plan de l'écliptique un angle de 1° 46′ 59″. La durée de la révolution sidérale est de 164 ans et 266 jours. La durée de la révolution synodique, ou l'intervalle qui s'écoule entre deux conjonctions, est de 367 jours.

La distance moyenne de Neptune au Soleil est de 30.04, la distance moyenne de la Terre à l'astre radieux étant 1.

L'excentricité de l'orbite est de 0.0087, et par conséquent la distance périhélie est représentée par 29.78 et la distance aphélie par 30.30. Neptune s'éloigne donc de l'astre central du système planétaire jusqu'à 1,158 millions de lieues et ne s'en approche jamais qu'à une distance minimum de 1,138 millions de lieues de 4 kilomètres chacune.

La longitude du périhélie est de 47° 14′ 37″ ; celle du nœud ascendant de 130° 6′ 52″ ; la longitude moyenne de l'époque (1er janvier 1800) est de 335° 8′ 58″.

Les quantités de chaleur et de lumière envoyées par le Soleil à la Terre étant 1, les quantités reçues à la surface de Neptune sont 0.001 seulement.

CHAPITRE II

GRANDEUR DE NEPTUNE

Le diamètre de Neptune pour la distance moyenne de la planète à la Terre est de 2″.7.

La figure 348 représente le disque apparent de Nep-

Fig. 348. — Grandeur apparente du disque de Neptune à la distance moyenne de la planète à la Terre.

tune réduit à la même échelle (1 millimètre pour 1 seconde) que les figures qui, dans cet ouvrage, donnent

les grandeurs relatives des disques apparents des autres planètes principales (Mercure, Vénus, Mars. Jupiter, Saturne, Uranus).

Le diamètre réel de Neptune est de 4.8, celui de la Terre étant pris pour unité. Il en résulte que la planète a un volume 110 fois plus considérable que celui de notre globe. Sa densité est de 0.222, celle de la Terre étant 1. La pesanteur à la surface de Neptune, comparée à la pesanteur à la surface de notre globe, est 1.10.

Les déterminations de la masse de Neptune ont donné des nombres très-différents. Évaluée, par rapport à celle du Soleil prise pour unité, à $\frac{1}{9,322}$ par M. Le Verrier, à $\frac{1}{6,040}$ par M. Adams avant la découverte de la planète, cette masse, déduite des observations, a été trouvée être de $\frac{1}{14,446}$ par MM. Otto et Auguste Struve, de $\frac{1}{15,480}$ par M. Lassell, de $\frac{1}{17,000}$ par M. Hind, de $\frac{1}{18,780}$ par sir John Herschel, de $\frac{1}{19,400}$ par M. Bond.

CHAPITRE III

HISTORIQUE DE LA DÉCOUVERTE DE NEPTUNE

On possédait, en 1820, quarante années d'observations méridiennes régulières d'Uranus. En outre, cette planète avait été observée dix-neuf fois depuis 1690 jusqu'en 1771 par Flamsteed, Bradley, Mayer et Lemonnier qui ne soupçonnaient pas alors que la prétendue étoile de sixième grandeur dont ils fixaient accidentellement les coordonnées astronomiques appartenait à notre

système planétaire. On devait penser qu'en s'aidant de toutes ces données de l'observation et leur appliquant les expressions analytiques des perturbations produites par Jupiter et par Saturne, qui se trouvaient développées dans le tome III de la *Mécanique céleste* de Laplace, on pourrait construire des tables représentant exactement le mouvement de la planète découverte par Herschel. Le nombre des observations était assez considérable, et ces observations étaient réparties sur des intervalles de temps assez grands pour qu'on n'eût pas à redouter les erreurs qui se présentent forcément lorsqu'on détermine l'orbite d'un astre par les observations d'une trop petite portion de son parcours. Cependant, quand, en 1821, Alexis Bouvard publia les tables d'Uranus, il n'avait pu arriver à satisfaire convenablement tant aux observations modernes qu'aux observations anciennes. « Telle est l'alternative que présente la formation des tables de la planète Uranus, disait alors l'infatigable calculateur, que si l'on combine les observations anciennes avec les modernes, les premières seront passablement représentées, tandis que les secondes ne le seront pas avec la précision qu'elles comportent ; et que, si l'on rejette les unes pour ne conserver que les autres, il en résultera des tables qui auront toute l'exactitude désirable relativement aux observations modernes, mais qui ne pourront satisfaire convenablement aux observations anciennes. Il fallait se décider entre ces deux partis : j'ai dû m'en tenir au second, comme étant celui qui réunit le plus de probabilités en faveur de la vérité, et je laisse aux temps à venir le soin de faire connaître si la difficulté de concilier les deux systèmes tient réellement

à l'inexactitude des observations anciennes, ou si elle dépend de quelque action étrangère et inaperçue qui aurait influencé la marche de la planète. »

L'avenir ne tarda pas à montrer que cette dernière hypothèse, avancée timidement par Bouvard, était la vraie. Quelques années s'étaient à peine écoulées que déjà il était prouvé que les tables de Bouvard ne pourraient satisfaire aux observations nouvelles d'Uranus. L'idée de l'existence d'une force perturbatrice inconnue vint à l'idée de tous les astronomes. Quelle était cette force ? En juin 1829, M. Hansen écrivait à Bouvard que pour expliquer les différences qui existaient entre les observations de chaque jour et les tables d'Uranus, il fallait recourir aux perturbations de deux planètes inconnues. Bouvard admit dès cette époque que l'on devait reconstruire les tables de la planète d'Herschel afin de les perfectionner et de pouvoir connaître exactement la valeur des perturbations, et il confia ce soin en 1834 à son neveu, M. Eugène Bouvard. Il avait l'espérance que, retournant le problème ordinaire des perturbations qui consiste à déterminer leur grandeur d'après la connaissance des mouvements des astres troublants, on pourrait conclure les éléments de l'orbite du principal de ces astres d'après les valeurs observées des différences existant entre les positions réelles d'Uranus et les positions assignées par les calculs qui ne tenaient compte que de l'action de Saturne et de Jupiter. Cette espérance était partagée par Bessel qui, à la date du 8 mai 1840, écrivait à mon illustre ami, Alexandre de Humboldt :

« Vous me demandez des nouvelles de la planète située

au delà d'Uranus. Je pourrais vous adresser à quelques-uns de mes amis de Kœnigsberg qui croient en savoir plus que moi-même sur ce point. J'avais choisi pour texte d'une leçon publique, le 28 février 1840, l'exposé des rapports qui existent entre les observations astronomiques et l'astronomie elle-même. Le public ne fait pas de différence entre ces deux objets; il y avait donc lieu de redresser son opinion. La part de l'observation dans le développement des connaissances astronomiques me conduisait naturellement à remarquer que nous ne pouvions être certains d'expliquer par notre théorie tous les mouvements des planètes. Je citai comme preuve Uranus; les anciennes observations dont cette planète a été l'objet ne s'accordent nullement avec les éléments déduits des observations plus récentes faites de 1783 à 1820. Je crois vous avoir déjà dit que j'ai beaucoup étudié cette question; mais tout ce que j'ai retiré de mes efforts, c'est la certitude que la théorie actuelle, ou plutôt l'application que l'on en fait au système solaire tel que nous le connaissons aujourd'hui, ne suffit point à résoudre le mystère d'Uranus. Ce n'est pas, à mon sens, une raison pour désespérer du succès. Il nous faut d'abord connaître exactement et d'une manière complète tout ce qui a été observé sur Uranus. J'ai chargé un de mes jeunes auditeurs, Flemming, de réduire et comparer toutes les observations, et maintenant j'ai là réunis sous la main tous les faits constatés. Si les anciennes déterminations ne conviennent déjà point à la théorie, celles d'aujourd'hui s'en écartent plus encore; car actuellement l'erreur est d'une minute entière, et elle s'accroît de 7 à 8 secondes par an,

de sorte qu'elle sera bientôt plus considérable. J'ai eu l'idée, d'après cela, qu'un moment viendra où la solution du problème serait peut-être bien fournie par une nouvelle planète dont les éléments seraient reconnus d'après son action sur Uranus et vérifiés d'après celle qu'elle exercerait sur Saturne. »

Le problème de la détermination de la planète qui pouvait causer les perturbations mystérieuses d'Uranus était donc posé publiquement, lorsque, en 1845, je conseillai vivement à M. Le Verrier de s'en occuper. Il était temps, puisque, en Angleterre, un jeune astronome de l'Université de Cambridge, M. Adams, traitait la question dès cette même année et parvenait de son côté à la résoudre. Mais, je me hâte de le dire, M. Adams ne publia rien, et son travail, très-bien fait d'ailleurs, ne servit en aucune façon à faire découvrir l'astre inconnu.

M. Le Verrier dut avant tout chercher à obtenir les valeurs véritables des parties des perturbations d'Uranus que ne pouvaient pas expliquer les planètes jusqu'alors connues. Il dut d'abord corriger les éléments adoptés pour Uranus, puis construire des éphémérides exactes qui pussent être comparées avec les observations, de manière à mettre en évidence les perturbations dues à l'astre cherché. L'habile géomètre fit ses comparaisons non-seulement avec les anciennes observations de Flamsteed, de Lemonnier, de Bradley, de Mayer, de l'Observatoire de Greenwich et de l'Observatoire de Paris qui avaient été publiées ; il put en outre profiter, comme il le dit lui-même, « des excellentes observations inédites faites à Paris de 1835 à 1845, et que je lui confiai. » Après une réduc-

tion attentive des observations, il obtint des valeurs certaines des perturbations dont la théorie ne pouvait rendre compte, et les introduisant dans les formules qui les expliquaient par l'existence d'une nouvelle planète, il obtint les éléments approximatifs de celle-ci. Le 31 août 1846, M. Le Verrier publia les résultats définitifs de ses recherches : il indiqua que la planète devait se trouver alors dans la constellation du Capricorne, à une petite distance à l'est de l'étoile δ de cette constellation. M. Le Verrier communiqua ces résultats aux divers astronomes des observatoires de l'Europe. M. Galle, de Berlin, lui répondit le 25 septembre : « La planète dont vous avez signalé la position existe réellement. Le jour même où j'ai reçu votre lettre, je trouvai une étoile, de huitième grandeur, qui n'était pas inscrite dans l'excellente carte *Hora* XXI (dessinée par M. le docteur Bremiker), de la collection de cartes célestes publiée par l'Académie royale de Berlin. L'observation du jour suivant décida que c'était la planète cherchée. » La position dans laquelle M. Galle avait vu la planète ne différait que d'un degré environ de celle que lui avait assignée M. Le Verrier. Le calcul avait dit que la longitude héliocentrique de la planète cherchée était de 327° 24′ au 1er janvier 1847 ; l'observation de l'astre découvert donna 326° 32′.

Une telle découverte doit occuper une place importante dans l'histoire de l'astronomie. La méthode suivie par M. Le Verrier diffère complétement de tout ce qui a été tenté auparavant par les géomètres et les astronomes. Ceux-ci ont quelquefois trouvé accidentellement un point mobile, une planète, dans le champ de leur télescope;

M. Le Verrier a aperçu le nouvel astre sans avoir besoin de jeter un seul regard vers le ciel; il l'a vu au bout de sa plume; il a déterminé par la seule puissance du calcul la place et la grandeur approximatives d'un corps situé bien au delà des limites jusqu'alors connues de notre système planétaire, d'un corps dont la distance au Soleil surpasse 1,100 millions de lieues, et qui, dans nos plus puissantes lunettes, offre à peine un disque sensible. Ainsi la découverte de M. Le Verrier est une des plus brillantes manifestations de l'exactitude des systèmes astronomiques modernes. Elle encouragera les géomètres d'élite à chercher avec une nouvelle ardeur les vérités éternelles qui restent cachées, suivant une expression de Pline, dans la majesté des théories.

Je suis certain que dans l'appréciation à laquelle je viens de me livrer de la grande découverte qui a tenu le monde scientifique en émoi, je n'ai pas été entraîné au delà des plus strictes limites de la vérité et de la justice. Voici au surplus, comment d'illustres astronomes parlent du travail de notre compatriote. Les lignes qui suivent sont extraites d'une lettre de M. Encke à M. Le Verrier, en date du 28 septembre 1846 :

« Permettez-moi, Monsieur, de vous féliciter avec une entière sincérité, de la brillante découverte dont vous avez enrichi l'astronomie. Votre nom sera à jamais lié à la plus éclatante preuve de la justesse de l'attraction universelle qu'on puisse imaginer. » Je crois que ce peu de mots renferme tout ce que l'ambition d'un savant peut souhaiter. Il serait superflu d'y ajouter quelque chose.

M. Schumacher s'exprime en ces termes dans une lettre d'Altona, en date du 28 septembre :

« Quoique vous sachiez par M. Encke, que votre planète a été trouvée, presque précisément à la place et sous les circonstances que vous avez prédites (le diamètre même étant de 3″), je ne peux pas résister au penchant de mon cœur, en vous transmettant sans retard mes félicitations les plus sincères sur votre brillante découverte. C'est le plus noble triomphe de la théorie que je connaisse. »

Comment les astronomes de Paris, ceux d'Angleterre; comment les astronomes d'Italie, surtout, placés sous un ciel si favorable, n'ont-ils pas devancé ceux de Berlin dans la vérification de la découverte de M. Le Verrier? Pour qui connaît les méthodes astronomiques, la réponse est très-simple.

On appelle planète, tout astre doué d'un mouvement propre et décrivant autour du Soleil une orbite peu allongée. En vertu de son mouvement propre, une planète se transporte à la longue dans diverses constellations; les étoiles proprement dites, au contraire, n'éprouvent annuellement que des déplacements angulaires insignifiants; leurs positions relatives restent à peu près constantes pendant des siècles. Ceci une fois posé, tout le monde comprendra en quoi consiste ordinairement la découverte d'une planète.

Un astronome, ayant dirigé sa lunette vers le firmament, compare ce qu'il aperçoit à la carte détaillée de la même région du ciel dessinée antérieurement. Y a-t-il dans le champ de la vision, un astre qui n'y figurait pas

à l'époque où la carte fut tracée, cet astre est doué d'un mouvement propre, cet astre est une planète ou une comète. Manque-t-il dans la région explorée un point lumineux, jadis enregistré comme une étoile, ce point était mobile, on avait méconnu son vrai caractère ; il faut se hâter de faire une révision attentive de toutes les parties du ciel, afin d'y découvrir l'astre errant.

La planète dont M. Le Verrier avait proclamé l'existence pouvait être moins brillante que les étoiles marquées dans les cartes célestes les plus renommées. Il était donc indispensable de procéder à l'exécution de cartes nouvelles et embrassant jusqu'aux étoiles de dixième grandeur, avant de se livrer, avec des chances assurées de réussite, à la recherche du nouvel astre. Tel était pour l'espace très-circonscrit au dehors duquel, suivant M. Le Verrier, la planète ne pouvait pas se trouver, le travail minutieux qu'on dut commencer à Paris. A Berlin, ce soin devint superflu ; on y possédait déjà des cartes détaillées du ciel. Par une heureuse coïncidence, la carte de la 21me heure, la carte de la région où se mouvait en 1846 la nouvelle planète, venait d'être gravée et publiée. Ceci explique comment M. Galle, sur les instructions envoyées de Paris, aperçut l'astre, le jour même où lui parvint la lettre de M. Le Verrier. Sans la carte de M. Bremiker, l'astronome de Berlin se fût trouvé dans les conditions défavorables des observateurs de France, d'Angleterre, d'Italie, et la constatation de la découverte de notre compatriote eût été retardée de une à deux semaines. Toutes ces explications seront confirmées, en point de fait, par le passage suivant d'une lettre de M. Encke :

« Il y a eu beaucoup de bonheur dans notre recherche ; La carte académique de M. Bremiker, qui, peut-être, n'est pas encore arrivée à Paris, mais que je ferai expédier tout à l'heure, comprend précisément près de sa limite inférieure le lieu que vous avez désigné. Sans cette circonstance infiniment favorable, sans une carte où l'on pût être sûr de trouver toutes les étoiles fixes jusqu'à la dixième grandeur, je ne crois pas qu'on eût découvert la planète. Vous verrez vous-même, en observant cet astre, que le diamètre est beaucoup trop faible pour attirer l'attention, même quand on l'examine avec un grossissement assez fort. Je vous suis donc personnellement obligé d'avoir démontré le prix qu'une telle carte peut avoir dans des recherches scientifiques. »

Si quelques astronomes de la Grande-Bretagne d'un mérite incontestable n'ont pas rendu, dans le principe, une si éclatante justice à la belle découverte de notre compatriote, s'ils ont cherché à attribuer une part de la gloire de cette découverte à un Anglais, à M. Adams, cette tentative n'a pu avoir d'autre succès que de démontrer que, malgré l'habileté incontestable de ce dernier, les astronomes anglais n'avaient pas eu assez de confiance dans ses calculs pour les prendre comme point de départ de recherches assidues dans le firmament étoilé. Ainsi qu'il arrive tous les jours dans les concours ouverts entre savants sur diverses questions scientifiques, M. Adams n'a pas satisfait à toutes les questions du programme. Je l'ai dit souvent, il n'existe qu'une manière rationnelle et juste d'écrire l'histoire des sciences : c'est de s'appuyer exclusivement sur des publications

ayant date certaine; hors de là tout est confusion et obscurité. M. Adams n'ayant communiqué ses travaux analytiques qu'à des astronomes anglais qui les ont tenus secrets et qui n'en ont pas tiré parti pour la recherche de Neptune, il n'a aucun droit à prendre une part quelconque de la gloire de la découverte de cette planète. C'est là un arrêt définitif que l'histoire enregistrera, et contre lequel d'ailleurs, M. Adams, dont les calculs postérieurement publiés sont très-remarquables, ne s'est jamais élevé.

Les calculs de M. Le Verrier destinés à faire connaître la place occupée par Neptune au moment même de sa découverte étaient d'une justesse qui devait exciter l'admiration; mais on a eu tort de vouloir trouver dans les éléments approximatifs de l'orbite hypothétique de la nouvelle planète donnés pour servir à sa recherche, une exactitude qui devait s'étendre à l'avenir. Le problème qu'il s'était agi de résoudre consistait à indiquer le lieu où il fallait chercher, à un moment donné, la planète extérieure qui expliquerait les variations anomales des rayons vecteurs d'Uranus. Ce problème, M. Le Verrier l'a complétement résolu, et c'est en faisant l'application du résultat de son travail analytique que M. Galle, de Berlin, a trouvé l'astre nouveau. L'histoire de toutes les autres planètes démontre que jusqu'alors une seule, Vesta, avait été découverte autrement que par l'effet d'un heureux hasard.

Les détails que j'ai donnés dans le chapitre II du livre XXX de cet ouvrage sur les recherches d'Herschel relatives à Uranus démontrent que la découverte de cette planète n'a été la conséquence, ni d'une idée préconçue,

ni d'une combinaison systématique d'observations. Je rappellerai ici l'histoire de la découverte des petites planètes.

Kepler ayant remarqué un *hiatus*, c'est son expression, entre les orbites de Mars et de Jupiter, imagina qu'une planète devait exister entre ces deux corps du système solaire. L'*hiatus* devint très-manifeste lorsqu'on eut enchaîné les rayons des orbites des anciennes planètes, et même celui de l'orbite d'Uranus, par la loi empirique connue sous le nom de loi de Bode, mais qui devrait s'appeler, comme je l'ai expliqué (liv. xxv, chap. i, p. 143), la loi de Titius. Persuadés de l'existence de cette planète, intermédiaire entre Mars et Jupiter, vingt-quatre astronomes allemands s'associèrent, sous la présidence de Schrœter, pour en faire la recherche. Leurs efforts n'amenèrent aucun résultat.

Piazzi, occupé de la formation d'un catalogue d'étoiles, découvrit Cérès, à Palerme, le premier jour du xix[e] siècle.

Deux ans après, le 28 mars 1802, Olbers, de Brême, apercevait fortuitement Pallas, en étudiant la région du firmament où se mouvait alors Cérès.

Harding constata l'existence de Junon, pendant qu'il explorait le ciel pour y puiser les éléments de ses belles cartes.

Jusqu'ici, le hasard seul a présidé à ces intéressantes observations. La découverte de Vesta, au contraire, fut amenée par une idée d'Olbers, fort étrange, mais appuyée cependant sur des considérations assez spécieuses dont j'ai déjà donné un aperçu (liv. xxv, ch. xliv, p. 175).

Le célèbre astronome de Brême avait cru remarquer que les orbites de Cérès et de Pallas se coupaient en deux points de l'espace par lesquels vint à passer ultérieurement l'orbite de Junon. Ce fait remarquable, et quelques observations sur des irrégularités du reste fort difficiles à constater, dans la forme des nouveaux astres, l'amenèrent à supposer qu'ils étaient les fragments d'une grosse planète qui fit jadis explosion dans l'un des deux points communs aux trois orbites. Il imagina que d'autres fragments de cette planète primitive devaient exister dans les mêmes régions, et passer, à chacune de leurs révolutions autour du Soleil, par les points d'intersection dont il vient d'être parlé. Ces points se trouvaient dans la Vierge et dans la Baleine. Olbers s'attacha donc à observer chaque année les étoiles de ces constellations, particulièrement aux époques où elles sont en opposition. Un brillant succès couronna ses efforts, et, le 29 mars 1807, il découvrit Vesta.

Je demanderai maintenant aux personnes les plus prévenues, d'expliquer quelle ressemblance, quelle analogie il peut y avoir entre l'idée ingénieuse, mais si bizarre, d'Olbers; entre la supposition qui conduisit ce célèbre astronome à la découverte de Vesta, et les calculs de M. Le Verrier, fondés, sans hypothèse d'aucune sorte, sur la théorie de l'attraction universelle. A l'aide de ces calculs, on a pu, non pas seulement annoncer qu'une planète, si elle existait, viendrait à passer à une époque indéterminée dans telle ou telle constellation; mais on a démontré qu'une planète existait nécessairement au delà d'Uranus, dans une direction déterminée et à une distance déterminée.

On a dit qu'en se fondant sur la loi empirique de Titius, quelques astronomes avaient annoncé qu'il existait une nouvelle planète au delà d'Uranus. La loi de Titius n'autorisait aucune conclusion de ce genre; tout ce qu'on pourrait déduire logiquement, c'est que si une planète existait dans les régions indiquées, sa distance au Soleil devait être à peu près double de celle d'Uranus. Remarquons, d'ailleurs, que cette prétendue loi, si souvent citée sous le nom de Bode, n'a aucun fondement théorique, qu'elle manque d'exactitude, qu'elle ne pouvait pas indiquer la direction dans laquelle il fallait placer le nouvel astre, ni même servir à constater son existence.

L'importance qu'auraient pour la recherche des planètes nouvelles, des cartes astronomiques renfermant toutes les étoiles de neuvième grandeur et même celles de dixième grandeur, a été signalée d'une manière éclatante par la découverte de la planète Neptune faite à Berlin par M. Galle aussitôt après la réception des indications de M. Le Verrier. C'est en grande partie aux cartes dites de l'Académie de Berlin que l'on doit la découverte des petites planètes si nombreuses qui parcourent leurs orbites à des distances du Soleil comprises entre celles de Mars et de Jupiter. Les astronomes modernes ont fondé sur la construction de pareilles cartes une méthode féconde de recherches, et c'est à Bessel que doit être reportée la gloire de ce service immense rendu aux sciences. Dans son éloge de Bessel, M. Encke s'est exprimé à cet égard dans les termes suivants, que nous reproduisons afin de compléter ces rapides indications relatives à l'histoire de l'astronomie planétaire. « On sait, dit M. Encke,

que Harding a puisé, dans l'*Histoire céleste* de Lalande, les éléments de son Atlas où le ciel étoilé se trouve si admirablement représenté. De même Bessel, après avoir terminé, en 1824, la première partie de ses zones, proposa de baser des cartes célestes encore plus détaillées sur ces nouvelles observations. D'après le plan de Bessel, il ne s'agissait pas de retracer seulement les lieux observés; il fallait encore rendre ces cartes assez complètes pour qu'en les comparant plus tard avec le ciel, il fût possible de reconnaître immédiatement les planètes les plus faibles, et de les distinguer au milieu des étoiles fixes, sans avoir besoin d'attendre un changement de position, toujours long et difficile à constater. Le projet de Bessel n'était pas exécuté dans toute son étendue que déjà cependant les cartes de l'Académie de Berlin avaient réalisé de la manière la plus brillante les espérances du promoteur de cette entreprise. »

L'histoire que je viens de tracer de la découverte de toutes les planètes prouvera, j'espère, que pour tout homme impartial, la conquête de la planète Neptune est un des plus magnifiques triomphes des théories astronomiques, une des gloires des Académies de Paris et de Berlin, un des plus beaux titres de notre siècle à la reconnaissance et à l'admiration de la postérité.

CHAPITRE IV

ANCIENNES OBSERVATIONS DE NEPTUNE

Ainsi que je l'ai fait remarquer pour Uranus (liv. xxx, chap. iii, p. 487), il était naturel de rechercher si Nep-

tune n'avait pas déjà été observé comme étoile avant d'être trouvé comme planète. L'existence d'anciennes observations n'ôte rien absolument à la beauté de la découverte astronomique ; elle ne peut que lui donner un plus grand intérêt, en hâtant l'époque où les éléments de la nouvelle planète seront assez perfectionnés pour permettre de comparer l'orbite théorique avec l'orbite réelle et de découvrir, par la méthode qui a été couronnée de tant de succès en 1846, une planète troublante située au delà de Neptune. Les recherches faites par MM. Petersen, Walker et Mauvais dans l'*Histoire céleste* de Lalande (page 158) ont fait reconnaître que le 8 et le 10 mai 1795 Lefrançais de Lalande a effectivement observé Neptune comme étoile de huitième grandeur. M. Valz s'est étonné avec raison de trouver cette étoile dans les cartes publiées en 1822 par M. Harding, et dans la carte de Berlin publiée en 1831. Si, comme on l'a supposé, aucun astre n'avait été porté sur ces cartes qu'après une inspection personnelle faite par les auteurs, on serait conduit à admettre que l'étoile en question est périodique, qu'elle se trouvait au temps de Lalande dans sa phase d'invisibilité, et que la planète occupait exactement sa place ; mais la supposition qui conduit à ces conséquences semble, en point de fait, pouvoir être controversée.

Outre celles de 1795, on connaît encore comme observations de Neptune antérieures à sa découverte, deux observations indiquées par M. Hind dans les zones de Lamont (Munich), l'une pour le 25 octobre 1845 et l'autre pour le 7 septembre 1846. Dans le premier cas la planète est notée comme étoile de neuvième grandeur et

dans le second elle figure comme étoile de huitième grandeur.

On a prétendu que la planète Neptune avait déjà été vue comme planète avant le travail de M. Le Verrier; on a cité notamment des observations de Cacciatore et de M. Wartmann. Cacciatore, en effet, a soupçonné avoir vu en mai 1835, à Palerme, une planète qui n'a pu être retrouvée; mais cette planète aurait occupé en 1846 une région du ciel diamétralement opposée à celle dans laquelle Neptune a été découvert. M. Wartmann a pensé avoir vu à Genève, les 6 et 25 septembre 1831, le 15 octobre et le 1er novembre de la même année, un astre très-faible, doué d'un mouvement propre rétrograde. Les astronomes n'ont tenu aucun compte de ces observations; ils ne les ont pas même citées : leur rigueur était fondée sur les motifs qui, en 1759, les détournèrent pendant longtemps de faire usage des observations de Messier, relatives au retour de la comète de Halley, observations tenues secrètes sur l'inexcusable injonction de l'astronome De l'Isle, dont Messier était le subordonné. N'était-il pas étonnant, en effet, que M. Wartmann ne se fût pas empressé de communiquer au monde savant la découverte qu'il venait de faire d'un astre mobile, alors surtout qu'il n'avait personnellement aucun moyen d'en déterminer exactement la position? Ne devait-on pas être surpris que l'observateur de Genève ne se fût décidé à révéler sa découverte qu'au moment où il était devenu impossible d'en constater la réalité? D'ailleurs, en 1837, après s'être livré à un examen attentif des points du ciel où la prétendue planète avait pu se transporter, M. Wart-

mann s'arrêta à cette conclusion : L'astre a disparu! conclusion inconciliable avec l'hypothèse d'un mouvement circulaire ou peu excentrique autour du Soleil, avec l'existence d'une planète réelle. Dans tous les cas, en septembre 1846, l'astre de M. Wartmann devait être plus loin de Neptune que Rigel d'Orion et toute confusion entre deux astres aussi distants est impossible.

CHAPITRE V

SATELLITES DE NEPTUNE

Au mois d'août 1847, à Starfield, près de Liverpool, observant Neptune, avec un réflecteur newtonien de $0^m.61$ d'ouverture et de $6^m.15$ de foyer, et des grossissements de 205 à 370, M. Lassell découvrit un satellite qui fut également observé en septembre par M. Otto Struve à Poulkova, et par M. Bond, à Cambridge (États-Unis). D'après les observations de M. Otto Struve, la révolution de ce satellite s'accomplit en $5^j\ 21^h$; l'inclinaison de son orbite sur l'écliptique est de 34° 7′ et sa distance au centre de la planète de 100,000 lieues.

Au mois d'août 1850, M. Lassell a pensé avoir observé un second satellite de Neptune à l'aide d'un grossissement de 628 fois; mais cette dernière découverte n'a pas encore été confirmée. Quant à l'anneau dont quelques astronomes ont cru que la planète était entourée, il a été démontré par des recherches attentives que l'on avait pris des illusions d'optique pour la réalité.

LIVRE XXXII

SAISONS ET CLIMATS

CHAPITRE PREMIER

AVANT-PROPOS

Avant de procéder à l'explication astronomique des saisons et des climats, je dois appeler l'attention sur une multitude de phénomènes qui sont exposés avec beaucoup de détails dans plusieurs de nos excellents traités de physique. Mais j'ai pensé que le lecteur ne serait pas fâché de les trouver ici groupés sous un même point de vue. Si je me suis trompé, on pourra passer toutes les théories préliminaires fort longues, je le reconnais, que j'ai cru devoir réunir dans ce livre de l'*Astronomie populaire*. J'ai voulu donner des notions précises sur les phénomènes qui constituent ce qu'on appelle vulgairement *le temps*. Si les phénomènes des saisons peuvent être expliqués dans ce qu'ils présentent de général, il est un nombre considérable d'événements qui modifient accidentellement les circonstances météorologiques au milieu desquelles nous vivons. Aussi l'astronome est-il dans l'impuissance absolue d'annoncer avec quelque certitude le temps qu'il fera, une année, un mois, une semaine, je dirai même un seul jour d'avance.

En sortant d'un sermon de Bossuet, madame de Sévigné écrivait à sa fille : « L'évêque de Meaux se bat à outrance avec son auditoire. » Je ne veux pas, toute proportion gardée, qu'on dise la même chose du professeur d'astronomie de l'Observatoire. J'admets, sans m'en fâcher le moins du monde, qu'on persiste dans des opinions préconçues, même après qu'à mon sens je les ai renversées de fond en comble. Je demande seulement le droit de rester dans mon sentiment, tant qu'il n'est pas combattu par des preuves réelles, tant qu'on ne lui oppose que des aperçus vagues, insaisissables. Mes contradicteurs sur la question de la prédiction du temps ne m'ébranlent en aucune manière quand ils disent : « Voyez, n'arrive-t-il pas souvent que les prédictions se réalisent? » Des coïncidences accidentelles ne prouvent absolument rien ; elles sont le fruit du hasard, et les contradictions sont plus nombreuses que les rencontres fortuites que l'on peut citer. La lecture de ce livre montrera, je l'espère, que par exemple les variations subites que présentent les températures de chaque climat, de chaque saison, défient toutes les prévisions humaines.

CHAPITRE II

THERMOMÈTRES — TEMPÉRATURES

Le thermomètre est un instrument trop connu pour que je doive m'arrêter à le décrire dans tous ses détails. Je rappellerai seulement le principe de sa construction. Lorsqu'un corps s'échauffe, ses dimensions augmentent

et on dit qu'il se dilate ; au contraire, lorsqu'un corps se refroidit, ses dimensions diminuent, et on dit qu'il se contracte. Les changements des volumes ou des dimensions des corps sont pris pour mesure, pour terme de comparaison des variations des circonstances calorifiques au milieu desquelles ces corps sont placés. On est convenu d'indiquer par zéro la circonstance marquée par la congélation de l'eau, de mettre 100 degrés lorsque l'eau est en ébullition sous la pression moyenne de l'atmosphère au bord de la mer ; en divisant en 100 parties égales l'accroissement de volume que prend le mercure placé dans du verre lorsqu'il passe de la première circonstance à la dernière, on a un degré centigrade de température. On aurait un degré de Réaumur, si l'on marquait 80 à l'eau bouillante et si l'on divisait en 80 parties l'augmentation de volume prise par le mercure de l'instrument, depuis la glace fondante jusqu'à l'eau bouillante. Dans la notation de Fahrenheit on marque 32 à la glace fondante, 212 à l'eau bouillante, et l'on partage l'augmentation de volume du mercure en 180 parties égales. D'après ces conventions, il est facile de transformer les notations les unes dans les autres. On prolonge les divisions au delà des deux points fixes. On conçoit ensuite qu'en comparant les changements des dimensions d'un corps quelconque, par exemple d'une tige métallique, avec les indications du thermomètre à mercure, on puisse construire un thermomètre métallique qui serve à comparer les circonstances calorifiques dans lesquelles le mercure devient solide ou bien celles dans lesquelles il s'est volatilisé et que le thermomètre ordinaire est impropre à donner.

On dit que deux corps sont à la même température lorsque deux thermomètres comparables, en contact avec leur surface, ou mieux encore plongés dans leur intérieur, marquent exactement le même degré. On attribue généralement les changements de température des corps à l'augmentation ou à la diminution d'un fluide impondérable combiné avec ces corps et qu'on appelle chaleur ou calorique.

Lorsqu'un corps chaud est en contact avec un corps froid, le premier se refroidit et le second s'échauffe. De semblables communications de température ont lieu à distance et même dans le vide. Je vais examiner dans les chapitres suivants les divers modes suivant lesquels la température d'un corps est modifiée.

CHAPITRE III

COMMUNICATION DE TEMPÉRATURE PAR VOIE DE CONTACT

Lorsqu'un corps chaud A est en contact avec un corps B plus froid, du moins comparativement, une partie du calorique du premier corps passe par la surface commune dans le corps froid B. Ce phénomène ne cesse qu'au moment où les deux corps sont à la même température.

Les deux corps A et B arrivent d'autant plus vite à la même température que le corps B dissémine avec plus de rapidité dans toute sa masse la chaleur qu'il reçoit du corps A. Ce phénomène dépend de *la conductibilité* du corps B pour la chaleur.

On appelle *conductibilité* la propriété, plus ou moins

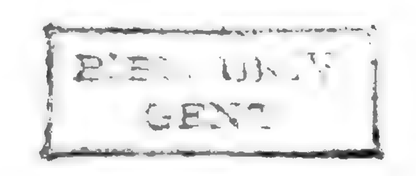
développée, que possède une portion échauffée d'un corps, de transmettre sa chaleur aux autres portions de ce même corps sans qu'il s'opère aucun déplacement moléculaire.

Parmi les corps connus, les liquides, l'eau entre autres, sont ceux qui jouissent de la conductibilité la plus faible. Si l'on échauffe exclusivement la surface supérieure d'une masse liquide, la chaleur se transmet à peine aux couches inférieures. Lorsqu'on refroidit, au contraire, la surface supérieure d'un liquide, le froid se communique assez promptement aux couches inférieures. On aurait tort de conclure de là que les liquides ont une beaucoup plus grande conductibilité pour le froid que pour le chaud. En effet, lorsqu'un fluide est refroidi par le haut, ses molécules deviennent plus denses; elles se précipitent vers le bas; il y a donc alors déplacement moléculaire, circonstance qui était exclue par la définition que nous avons donnée du mot conductibilité.

Parmi les corps connus, les métaux sont ceux qui jouissent de la plus forte conductibilité. Les métaux ont d'ailleurs des conductibilités très-différentes suivant leur nature. Les plus conducteurs sont l'or, le platine, l'argent, le cuivre.

Des expériences directes permettent de placer au dernier terme de l'échelle les métaux suivants : le fer, le zinc, l'étain, le plomb.

Au nombre des corps qui jouissent de la conductibilité la moins développée, nous devons placer le charbon ordinaire, le bois, la brique, les matières terreuses. L'air et les autres gaz sont mauvais conducteurs de la chaleur, et



l'on attribue en partie à l'air emprisonné dans les fourrures et dans les substances filamenteuses que nous employons pour faire nos vêtements, la mauvaise conductibilité de ces corps pour la chaleur.

CHAPITRE IV

COMMUNICATION DE TEMPÉRATURE PAR VOIE DE RAYONNEMENT — ÉQUILIBRE MOBILE DE TEMPÉRATURE

Concevons qu'un corps froid B soit placé au centre d'une enceinte A entièrement fermée, formée d'une matière plus chaude. Imaginons encore qu'on ait vidé cette enceinte de tout l'air atmosphérique qu'elle contenait, à l'aide d'une machine pneumatique, cela n'empêchera pas l'enceinte A et le corps B d'arriver, après un certain temps, à la même température : le corps B se sera échauffé tandis que toutes les portions de l'enceinte A auront perdu une partie de leur chaleur primitive. Comment s'est établie cette communication, puisque les surfaces des corps A et B ne se touchent plus immédiatement ni par aucun intermédiaire ?

Dans ce cas, les communications ont lieu à l'aide de ce qu'on appelle le *calorique rayonnant*, c'est-à-dire d'un calorique qui a, sous le rapport de son mode de propagation, les mêmes propriétés que la lumière, à l'aide de rayons qu'on pourrait appeler de la lumière obscure.

Des rayons calorifiques partis de tous les points de l'enceinte A tombent sur la surface du corps B et élèvent sa température en s'y absorbant : ceci est évident, car le

fait de l'arrivée définitive à une même température des deux corps A et B ne saurait recevoir une autre explication. Ce que nous venons de trouver relativement au mode d'action de l'enceinte A, considérée dans toute son étendue, doit s'appliquer à chacune de ses parties considérées isolément.

Ainsi, lorsque deux corps A et B, inégalement échauffés, sont en présence, si, après un certain temps, ils arrivent à la même température, c'est que le corps chaud A a envoyé sous forme rayonnante une partie de sa chaleur au corps froid B; mais ce corps B, froid relativement à A, peut être chaud comparativement à un troisième corps placé dans le voisinage. Le corps B enverra donc des rayons calorifiques au corps C; ce corps B sera donc actif relativement au corps C; mais sera-t-il passif à l'égard du corps A? Cela est extrêmement peu probable.

Examinons le cas où, tout restant dans le même état, le corps B serait plus chaud que l'enceinte A. Après un certain temps, tous les points de l'enceinte A et le corps B auraient la même température, mais cette fois le corps B se serait refroidi par la chaleur rayonnante partie de tous les points de sa surface, et le corps A aurait augmenté de température par l'absorption de ces mêmes rayons.

Nous avons reconnu que le corps A envoyait des rayons calorifiques au corps B, tant qu'il était plus chaud que ce dernier, et nous avons facilement admis, jusqu'ici, que le rayonnement cessait aussitôt que les deux corps en présence avaient acquis la même température, ce qui n'est guère plus compréhensible que la difficulté précédente.

On a fait disparaître les deux difficultés en supposant que les corps A et B, qu'ils aient des températures égales ou inégales, rayonnent simultanément de la chaleur l'un vers l'autre. Il n'y aura entre les deux cas qu'une seule différence : si les corps sont également chauds, les rayonnements réciproques se compensent ; dans le cas contraire, le corps chaud envoie au corps froid plus de rayons qu'il n'en reçoit, et il doit se refroidir. Cette explication de l'égalité de température qui se maintient entre deux corps en présence, doués de la même quantité de chaleur initiale, a été appelée par son auteur, Pierre Prévost, la *théorie de l'équilibre mobile*.

Il résulte de l'ensemble des faits que nous venons de rapporter que tous les corps de la nature, même ceux du règne minéral, ne jouent pas, quant aux communications de température, des rôles purement passifs, qu'ils lancent sans cesse et dans tous les sens des rayons calorifiques obscurs : sous ce rapport on pourrait dire qu'ils vivent.

CHAPITRE V

POUVOIR RAYONNANT OU ÉMISSIF DES CORPS ET POUVOIR ABSORBANT

Un corps émet, dans un temps donné, par voie de rayonnement, un nombre de rayons calorifiques d'autant plus grand que sa température est plus élevée, mais la température initiale du corps n'est pas la seule cause qui fasse varier l'intensité du rayonnement. On a trouvé, en effet, par des expériences directes, que, tout restant égal, le rayonnement, dans un temps donné, est différent sui-

vant la nature des corps, et pour des corps de même nature suivant l'état de leur surface, leur degré de poli, par exemple, ou leur couleur. Les métaux dans l'ordre de leur rayonnement, en commençant par ceux qui rayonnent le plus vite, sont le platine, le fer, l'acier, le zinc, l'or, l'argent, le cuivre et l'étain. Les matières vertes des végétaux ont un pouvoir rayonnant ou émissif plus grand que les métaux et que les pierres. Les corps noirs ont un plus grand pouvoir émissif que ceux dont les surfaces sont blanches.

L'expérience prouve d'ailleurs que les pouvoirs émissifs et les pouvoirs absorbants des corps pour la chaleur sont toujours correspondants : les corps qui rayonnent le plus sont aussi ceux qui absorbent la plus grande partie de la chaleur qui vient à tomber sur leur surface.

CHAPITRE VI

COMMENT LES CORPS SE REFROIDISSENT EN RAYONNANT LEUR CHALEUR VERS LES RÉGIONS DE L'ESPACE

Cherchons si les objets dont se compose un horizon déterminé, celui de Paris, par exemple, se trouvent en communication rayonnante avec des corps qui peuvent contribuer à leur refroidissement. Tout ce que nous dirons de cet horizon s'appliquera, mot pour mot, à un espace de même étendue semblablement situé.

Toutes les observations aérostatiques ont montré qu'à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, la température est de plus en plus basse. Aux hauteurs où l'on est par-

venu, à 7,000 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, dans les ascensions de Gay-Lussac et de MM. Barral et Bixio, cette température était déjà, en été, de 40 à 60 degrés au-dessous de celle des régions inférieures. Nul doute qu'on n'eût trouvé une température plus faible si l'on était monté plus haut, et que l'espace au delà des limites de l'atmosphère ne soit encore plus froid.

Les couches solides de la Terre enverront donc leur chaleur vers les régions supérieures de l'atmosphère, vers l'espace, sans qu'elles puissent recevoir, de ce côté, des rayons en nombre suffisant pour compenser leur perte. Ces couches solides devront donc se refroidir. Examinons jusqu'à quel point les faits sont d'accord avec cette théorie.

En un lieu où l'horizon est entièrement libre, suspendons dans l'air, la nuit, à un ou deux mètres du sol, des flocons de laine, de coton, de duvet de cygne; établissons au-dessus de ces flocons un écran qui leur dérobe presque entièrement la vue du ciel; supposons que l'écran soit en bois et d'une certaine épaisseur.

Ces dispositions convenues, des thermomètres placés sous l'écran, dans l'air, à peu de distance de la surface inférieure du bois, ou dans la matière même des trois flocons, marqueront sensiblement le même degré.

Tout restant dans cet état, enlevons l'écran. Aussitôt les thermomètres en contact avec le duvet de cygne, le coton et la laine descendront. Si le ciel est serein, le thermomètre dont la boule est enveloppée de duvet de cygne baissera de 7 à 8 degrés centigrades; les deux autres thermomètres baisseront aussi, mais un peu moins.

L'herbe, dans les mêmes circonstances, accusera des variations de température de 6 à 7 degrés.

Avec de la neige, on a trouvé jusqu'à 8°.9 d'abaissement.

Répétons l'expérience en substituant des plaques métalliques, polies et de quelque épaisseur, aux matières filamenteuses. Les thermomètres en contact avec ces métaux accuseront aussi un abaissement de température quand on enlèvera l'écran, mais cet abaissement ne sera que de 1 à 2 degrés centigrades.

Nous venons d'analyser les mouvements descendants qu'éprouvent des thermomètres en contact avec des matières filamenteuses, avec de l'herbe, avec de la neige, avec des métaux, lorsqu'on enlève l'écran qui les recouvre. Que devient, dans les mêmes circonstances, le thermomètre plongé dans l'air, et que l'écran recouvrait aussi? Il reste sensiblement stationnaire.

Ces expériences mettent en évidence plusieurs faits d'une immense importance :

Certains corps, tels que l'édredon, la neige, etc., se refroidissent rapidement et d'une manière notable, lorsque dans une nuit sereine aucun écran ne leur dérobe la vue du firmament ;

D'autres corps, tels que les métaux, se refroidissent aussi, mais beaucoup moins que les matières filamenteuses et la neige ;

D'un métal à l'autre il existe des différences ;

Enfin l'atmosphère, substance gazeuse, ne se refroidit pas sensiblement.

Abordons sans plus tarder deux difficultés qui se pré-

senteraient à tous les esprits. Elles sont relatives, la première, au rôle de l'écran de bois ; la seconde, à celui du thermomètre.

Cet écran ne peut-il pas, en sa qualité de corps solide, se refroidir par voie de rayonnement, dans la première période de l'expérience?

L'écran doit se refroidir, et se refroidit, en effet, par sa surface supérieure. Mais nous avons supposé l'écran d'une certaine épaisseur et en bois; or le bois possède une très-faible conductibilité. Il résulte de ces deux circonstances que la surface inférieure de l'écran n'éprouve pas de refroidissement sensible, et que le thermomètre en contact avec cette surface marque, comme nous l'avons dit, le même degré que les thermomètres plongés dans l'air, dans le duvet de cygne, etc., etc.

La seconde difficulté concerne le thermomètre lui-même. On peut se demander si cet instrument ne doit pas se refroidir comme l'édredon, le duvet, les métaux. La difficulté est réelle, mais il faut remarquer que la boule du thermomètre est polie et de verre, matière très-peu rayonnante, en sorte que les résultats obtenus ne doivent être que très-légèrement modifiés par le rayonnement de l'instrument employé.

Si maintenant on considère que les matières qui, dans ces épreuves, se refroidissent le plus fortement, sont exactement celles chez lesquelles les physiciens, par des expériences de cabinet, ont trouvé les pouvoirs rayonnants les plus développés; si l'on remarque encore que dans la série des métaux l'ordre des refroidissements observés coïncide avec l'ordre des pouvoirs émissifs, per-

sonne ne pourra s'empêcher de regarder ces phénomènes comme déterminés par les rayons de chaleur plus ou moins abondants que tous les corps mis en expérience envoient, sans une équivalente compensation, vers les régions très-froides de l'espace. Il demeurera aussi établi que notre atmosphère ne rayonne pas d'une manière sensible.

Nous avons fait cette première série d'expériences par un temps serein. Répétons-la par un temps entièrement couvert : alors l'enlèvement de l'écran amènera à peine un refroidissement sensible dans les substances que le rayonnement vers le ciel serein affectait le plus ; quant aux métaux, ils n'éprouveront aucun changement de température appréciable.

Ici, chacun le concevra, les nuages font l'office de l'écran de bois des expériences antérieures ; comme cet écran, ils empêchent les communications rayonnantes des corps terrestres avec les plus hautes régions de l'atmosphère et de l'espace ; seulement, comme les nuages sont à la température de la couche d'air qui les enveloppe, leur rayonnement devra compenser d'autant moins exactement celui des corps terrestres, qu'ils flotteront dans des zones atmosphériques plus élevées ou plus froides. Ce résultat est conforme aux observations [1].

1. S'il arrivait que des nuages, par des circonstances particulières, quoique placés à des hauteurs modérées, eussent des températures excessivement basses, comme le nuage que traversèrent MM. Barral et Bixio dans leur célèbre ascension du 27 juillet 1850, les phénomènes de rayonnement des corps terrestres pourraient, en pareille circonstance, ressembler à ceux qu'on observe par un temps serein.

Par hypothèse, l'horizon était parfaitement libre en tout sens dans le lieu où nous étions d'abord établis. Si une portion du ciel est masquée, toutes circonstances restant les mêmes, les abaissements de température éprouvés par les corps mis en expérience seront proportionnellement amoindris.

Si le ciel, au lieu d'être parfaitement serein ou entièrement couvert, est nuageux, les refroidissements seront compris entre ceux qu'on aurait observés dans les deux premiers états de l'atmosphère.

Un vent d'une certaine force prévient les abaissements de température dont il est question ici. Est-ce à dire que le vent empêche le rayonnement vers l'espace? Nullement : le rayonnement a toujours lieu, mais les couches non refroidies de l'atmosphère, quand elles se déplacent rapidement, vont, sans relâche, restituer aux corps la chaleur que le rayonnement leur enlève.

Les expériences dont nous venons de rendre compte réussissent, même de jour, quand elles sont faites avec une délicatesse suffisante, et dans des lieux où les rayons solaires n'arrivent pas directement.

Les considérations précédentes joueront un grand rôle dans la théorie des températures terrestres; disons de plus qu'elles servent à rendre raison, comme le docteur Wells l'a si bien établi, des phénomènes du serein et de la rosée.

CHAPITRE VII

ÉCHAUFFEMENT DES CORPS PAR L'ACTION DES RAYONS SOLAIRES — COMPOSITION DE CES RAYONS — ACTION CHIMIQUE — RAYONS RÉFLÉCHIS, ABSORBÉS, TRANSMIS

Le genre d'échauffement produit par l'action des rayons solaires, combiné avec les phénomènes de rayonnement vers l'espace, nous conduira définitivement à la détermination des températures des corps terrestres dans différentes saisons. Il faut donc examiner d'avance comment cet échauffement s'opère. Cet examen doit être précédé d'une étude attentive de la composition des rayons solaires.

Lorsqu'un faisceau de rayons à peu près parallèles provenant du Soleil traverse un prisme de verre, et qu'à sa sortie du prisme on le reçoit sur un écran, il donne lieu, comme chacun sait et comme nous l'avons dit précédemment (liv. III, chap. X, t. I, p. 107), à une bande dilatée que depuis Newton on a appelée le *spectre solaire*. Les différentes parties de ce spectre sont diversement colorées, l'extrémité qui s'est le moins déviée, en d'autres termes celle qui s'est le moins réfractée, est rouge, celle qui a éprouvé le maximum de réfraction est violette. Les couleurs intermédiaires à partir du rouge sont : l'orangé, le jaune, le vert, le bleu et l'indigo. La lumière blanche du Soleil est donc un mélange de sept espèces de rayons possédant des couleurs et des réfrangibilités différentes.

C'est tout ce que l'œil peut nous apprendre ; mais n'y aurait-il pas d'autres moyens de faire l'analyse de ce

faisceau de rayons diversement colorés ? Le thermomètre est un de ces moyens. A l'aide de cet instrument, dont on portera successivement la boule sur les différentes parties du spectre, on découvrira si les rayons de diverses couleurs sont également échauffants.

Les expériences faites anciennement par Rochon selon cette idée, firent voir que les rayons jaunes sont ceux qui échauffent le plus, et qu'à partir du jaune il y a décroissement vers les deux extrémités du spectre. Enfin, en portant la boule d'un thermomètre au delà des limites visibles du spectre du côté du rouge, on découvrit qu'il montait. Ainsi la lumière solaire renferme, outre les rayons visibles inégalement réfrangibles, des rayons calorifiques obscurs moins réfrangibles encore que les rayons rouges.

Dans une première série d'expériences nous avons trouvé le maximum de chaleur au milieu de la lumière jaune, mais en faisant varier la nature du prisme on découvre, à cet égard, des changements considérables. Avec des prismes d'une nature particulière, on voit que le maximum de température ne correspond plus à aucun rayon visible, et qu'il existe au delà du rouge dans une partie où l'œil n'aperçoit aucune lumière. Supposons qu'on forme le spectre à l'aide d'un prisme de sel gemme, le maximum de la chaleur aura toujours lieu au delà des dernières limites rouges du spectre. Mais le lieu où ce maximum de chaleur se manifeste changera de place à diverses heures du même jour, et surtout dans des jours différents ; il se rapprochera plus ou moins du rouge, quoique dans l'état du ciel, dans sa sérénité, rien *à priori* ne dût porter à supposer des différences.

Les rayons calorifiques obscurs, partie intégrante de la lumière solaire, éprouvent donc des absorptions spéciales, propres à certaines constitutions atmosphériques, qui sont sans influence sur la transmission des rayons lumineux.

L'ensemble de ces phénomènes a conduit les physiciens à se demander si la chaleur des différents rayons solaires ne tiendrait pas à des rayons obscurs qui seraient mêlés à eux, et que le prisme ne séparerait pas, parce qu'ils auraient les uns et les autres la même réfrangibilité, ou bien si, entre le rouge et le violet, les rayons seraient doués à la fois de la double propriété de luire et d'échauffer. Mais nous n'aurons pas besoin d'étudier ici cette question, puisque sa solution ne changerait rien à l'explication que nous donnerons des échauffements variés des corps terrestres à différentes époques de l'année.

Ajoutons un mot sur un troisième mode d'analyse auquel on a soumis les rayons solaires. En portant certaines substances chimiques dans les différentes régions du spectre, on a trouvé qu'elles sont très-inégalement modifiées par les rayons de diverses couleurs. Le minimum d'effet s'observe à l'extrémité rouge, et le maximum à l'extrémité violette et même plus loin. C'est l'inverse de ce que nous avions trouvé avec le thermomètre.

On sait que c'est sur l'action chimique exercée par la lumière sur diverses substances et particulièrement sur les sels d'argent que se trouve fondée l'une des plus belles découvertes de ce siècle, la photographie. M. Daguerre a trouvé que ses ingénieux procédés réussissaient

mieux le matin que le soir, bien qu'en choisissant, comme termes de comparaison, des heures également éloignées de midi, des hauteurs du Soleil semblables, des diaphanéités atmosphériques en apparence toutes pareilles, il eût été naturel de s'attendre à des résultats identiques. Certaines modifications qui ne troublent pas d'une manière visible la transparence proprement dite de l'atmosphère, influent donc sur la transmissibilité des *rayons* dits *chimiques*.

Nous voici arrivés au moment d'examiner comment la lumière solaire échauffe les corps. Nous pouvons poser comme principe général que les rayons lumineux, tels qu'ils viennent du Soleil, n'échauffent un corps qu'en raison de la quantité de ces rayons qui se perdent dans sa substance, qui sont absorbés par elle. Ainsi, si un corps est parfaitement poli à sa surface extérieure, s'il réfléchit la plus grande partie des rayons incidents, ce corps s'échauffera à peine. C'est ce qu'on observe quand on expose un miroir de télescope en plein soleil. Supposons que la surface de ce miroir soit graduellement dépolie, de manière que le métal ne se comporte plus comme un miroir parfait : dès ce moment son échauffement augmentera. Recouvrez sa surface d'une couche, si mince qu'elle soit, très-peu réfléchissante et dès lors très-absorbante, comme le noir de fumée, par exemple, et dans les mêmes circonstances l'échauffement deviendra énorme.

Puisque, d'après ces expériences, les corps ne s'échauffent que par les rayons qui ne sont pas réfléchis, puisqu'ils s'échauffent exclusivement par les rayons absorbés,

l'échauffement définitif d'un corps exposé au Soleil dépendra de ses propriétés réfléchissantes.

Les corps qui réfléchissent beaucoup, à égalité de poli, tels que les métaux, s'échauffent moins que les substances minérales dont le pouvoir réfléchissant est faible.

La quantité de lumière réfléchie augmentant considérablement sur tous les corps de la nature, à mesure que l'inclinaison des rayons incidents avec la surface de ces corps devient de plus en plus petite, il faudra évidemment tenir compte de cette circonstance lorsqu'on voudra prévoir d'avance l'échauffement comparatif que la lumière solaire devra produire dans deux cas donnés.

Après nous être occupés de l'action calorifique des rayons solaires dans l'acte de la réflexion, examinons comment se comportent les rayons transmis.

Si l'on expose à un faisceau de rayons provenant du Soleil un corps mince et très-diaphane, c'est-à-dire qui ne fasse éprouver aux rayons qui le traversent qu'un affaiblissement insensible, ce corps ne s'échauffera pas d'une manière appréciable. Si, tout restant dans le même état, le corps diaphane a une telle épaisseur que la lumière émergente ait moins d'intensité que la lumière incidente, en sorte qu'une portion appréciable de celle-ci ait été absorbée dans la matière dont le corps est composé, ce corps s'échauffera. Nous pouvons donc admettre que dans son passage à travers une substance diaphane la lumière solaire ne l'échauffe qu'à raison de la perte ou de l'absorption que les rayons y éprouvent. Voilà pourquoi les corps d'une diaphanéité imparfaite, et à plus forte raison ceux qui sont presque totalement dépourvus de

cette propriété, s'échauffent énormément lorsqu'on les expose au Soleil.

CHAPITRE VIII

PROPRIÉTÉS DE LA CHALEUR QUI EST MÊLÉE AUX LUMIÈRES TERRESTRES — SUBSTANCES DIATHERMANES

La chaleur qui est mêlée aux lumières terrestres a des propriétés par lesquelles elle se distingue de la chaleur qui accompagne les rayons solaires. Dans les circonstances ordinaires, la chaleur mêlée aux rayons du Soleil se réfléchit à la surface des corps et s'absorbe dans leur substance, comme le fait la lumière proprement dite. Il n'en est pas de même de la chaleur qui est mêlée aux lumières de nos feux.

Quand on fait passer à travers une plaque de verre diaphane la lumière qui émane du feu de nos foyers, soit que cette lumière provienne de la combustion du bois ou de celle du charbon de terre, elle n'éprouve pas un affaiblissement différent de celui qu'eût subi un faisceau de lumière également intense provenant du Soleil ; mais dans ce dernier cas, à la sortie de la plaque, les rayons lumineux émanant de nos feux terrestres sont presque complétement privés de leur chaleur primitive. Cette chaleur a été retenue en totalité par la plaque de verre traversée [1].

1. Tels sont les phénomènes généraux. Je dois dire cependant qu'on pourrait déduire d'expériences récentes de M. Melloni cette conséquence que la chaleur qui est mêlée à la lumière solaire ne s'affaiblit pas en traversant des couches inférieures de l'atmosphère

La chaleur obscure qui émane des sources terrestres, outre ce que nous venons de rapporter, jouit de quelques propriétés particulières très-remarquables, qui n'ont été découvertes que depuis peu d'années.

Voici quelques faits qui frapperont d'étonnement le lecteur attentif :

L'alun et le sel gemme sont également diaphanes pour la lumière ;

L'alun, même très-aminci, arrête tous les rayons calorifiques des sources terrestres ; le sel gemme les laisse tous passer ;

Certains verres noirs, lors même qu'ils sont tellement épais qu'on ne voit pas le Soleil au travers, laissent passer des rayons calorifiques provenant des sources terrestres.

De là résulte la nécessité de l'expression *diathermane*, que M. Melloni, l'ingénieux auteur de ces observations, a justement introduite dans la science. Mariotte avait déjà constaté que la chaleur des feux terrestres est arrêtée par les lames de verre ; tout le monde sait que les ouvriers fondeurs et verriers se servent d'écrans de verre pour exécuter leurs travaux ; la lumière accompagnée de la chaleur blesserait leurs yeux ; la lumière seule traversant le verre, et la chaleur étant arrêtée par cette substance, les ouvriers peuvent manier sans danger les substances échauffées par la chaleur d'origine terrestre ; la chaleur solaire se comporte tout autrement. On voit que ce n'est

dans le même rapport que les rayons lumineux, ou du moins que la chaleur transmise quand le Soleil est à une certaine hauteur, et celle qui nous arrive quand cet astre approche de l'horizon, n'ont pas les mêmes propriétés.

pas la lumière qui échauffe, mais que des rayons calorifiques accompagnent les rayons lumineux.

Pendant le passage d'une lumière terrestre à travers une lame de verre, cette lumière est d'autant plus débarrassée de la chaleur qui l'accompagnait, que la température de la source d'où elle émane est moins élevée. Mais voici encore un corps qui jouit, pour ainsi dire, de propriétés inverses. Une lame de sel gemme enfumée à sa surface transmet une proportion de chaleur rayonnante d'autant moindre, que la température de la source est plus élevée.

Lorsqu'un corps terrestre vient d'être échauffé par la lumière solaire, on pourrait être tenté de supposer que la chaleur rayonnante qui émanera de ce corps jouira des propriétés de la chaleur naturellement mêlée aux rayons solaires; mais il n'en est rien : cette chaleur est entièrement absorbée par les verres diaphanes à travers lesquels on la fait passer; le corps rend donc une chaleur différente de celle qu'il s'était appropriée.

CHAPITRE IX

ÉCHAUFFEMENT DES EAUX DE L'OCÉAN — CAPACITÉ DE L'EAU POUR LA CHALEUR — CHALEUR SPÉCIFIQUE, CHALEUR SENSIBLE ET CHALEUR LATENTE DE LA GLACE (EAU GELÉE), DE L'EAU LIQUIDE ET DE LA VAPEUR D'EAU — FROID QUI ACCOMPAGNE TOUJOURS L'ÉVAPORATION

Dans l'explication des saisons, nous aurons à considérer l'échauffement des eaux de l'Océan, le phénomène de température qu'on observe pendant l'échauffement de

l'eau, à son passage de l'état solide à l'état liquide, enfin pendant la transformation de l'eau en vapeur et de la vapeur en pluie. Examinons conséquemment comment tous ces phénomènes s'opèrent au point de vue de la température.

La chaleur nécessaire pour élever la température d'un corps de 1°, de 10°, de 20°, etc., est variable suivant la nature de ce corps. L'eau est, de tous les corps connus, les autres circonstances restant égales, celui qui exige le plus de chaleur pour s'échauffer d'une quantité déterminée. L'eau, en nous servant d'une expression des physiciens, a une très-grande *capacité pour la chaleur.* Une expérience très-simple mettra cette vérité dans tout son jour.

Quand on plonge dans un kilogramme d'eau à 0° un kilogramme de limaille de fer à 11°, le mélange est à la température de 1°. Les degrés de température que le kilogramme de fer a perdus dans cette circonstance n'ont augmenté que de 1° la température du kilogramme d'eau. La capacité de l'eau pour la chaleur est donc onze fois plus grande que la capacité du fer.

La chaleur spécifique d'un corps solide ou liquide est sa capacité rapportée à celle de l'eau prise pour unité. Voici quelques résultats déduits d'expériences récentes. Je les emprunte à mes confrères MM. Despretz et Regnault.

Eau	1.000
Solution de nitre { eau...... 8 / nitre..... 1 }	0.819
Acide nitrique	0.661
Alcool ordinaire	0.659
Acide sulfurique	0.335

Huile d'olive	0.310
Charbon	0.241
Chaux vive	0.217
Craie et marbre	0.215
Soufre	0.202
Crown-glass	0.193
Fer	0.113
Cuivre	0.095
Argent	0.057
Étain	0.036
Mercure	0.033
Or	0.032
Plomb	0.031

L'eau qui recouvre les trois quarts du globe se transforme incessamment en vapeur invisible, en vapeur visible ou nuages ; ensuite elle redevient liquide sous forme de pluie. L'eau se congèle dans certaines saisons et reprend sa fluidité primitive dès que l'atmosphère se réchauffe suffisamment. Que se passe-t-il, quant à la chaleur, pendant ces changements d'état ?

Quand on mêle un kilogramme d'eau à zéro avec un kilogramme d'eau à 79° centigrades, les deux kilogrammes d'eau provenant du mélange sont à 39° 1/2, c'est-à-dire à la température moyenne des deux liquides composants. L'eau chaude a conservé 39° 1/2 de sa température primitive ; elle a cédé les autres 39° 1/2 à l'eau froide. Cela est naturel et pouvait être prévu.

Répétons l'expérience avec une seule modification : au kilogramme d'eau à zéro substituons un kilogramme de glace également à zéro. Du mélange de ce kilogramme de glace avec le kilogramme d'eau à 79°, résulteront deux kilogrammes d'eau liquide ; mais cette fois, la température, au lieu d'être à 39° 1/2, sera à zéro. Les 79

degrés de l'eau ont été employés à désagréger les molécules de la glace, à se combiner avec elles sans les échauffer.

L'eau à zéro et la glace à zéro diffèrent donc dans leur composition intime. Le liquide renferme de plus que le solide 79 degrés de chaleur, mais d'une chaleur combinée, non sensible au thermomètre, d'une chaleur que, pour cette raison, on a appelée *latente*.

La comparaison de l'eau bouillante à la vapeur qui s'en dégage, et dont la température est aussi de 100° centigrades, conduira à des résultats analogues, mais plus frappants encore.

La vapeur d'eau se condense, redevient de l'eau liquide, lorsqu'elle traverse de l'eau dont la température est au-dessous de 100° centigrades. Ceci posé, prenons $5^{\text{kil.}}.35$ d'eau à 0°; faisons-les traverser par de la vapeur à 100°. Arrêtons l'expérience lorsque l'eau primitive et l'eau condensée formeront un poids total de $6^{\text{kil.}}.35$; le thermomètre montrera que ces $6^{\text{kil.}}.35$ sont à 100°.

De ces $6^{\text{kil.}}.35$, il y avait 1 kilogramme qui primitivement était déjà à 100°, mais à l'état de vapeur. Les $5^{\text{kil.}}.35$ restants marquaient originairement 0°; leur température n'a pu s'élever, n'a pu devenir 100° qu'aux dépens de la chaleur que la vapeur a abandonnée en passant de l'état aérien à l'état liquide. Dans la composition d'un kilogramme de vapeur à 100°, il entre donc une quantité de chaleur cachée, de chaleur latente, capable de porter de 0° à 100° un poids 5.35 fois plus grand d'eau liquide; en d'autres termes, la chaleur latente d'un kilogramme de vapeur élèverait un poids

équivalent d'eau de 0° à 535°, si l'on empêchait cette eau de s'évaporer pendant son échauffement.

Ce résultat numérique doit paraître énorme; mais il ne saurait être contesté. La vapeur n'existe qu'aux conditions que nous venons d'exposer. Toutes les fois que de l'eau se transforme en vapeur, elle emprunte aux corps environnants une quantité de chaleur capable de la porter de la température de 0° à 535°. Si elle est à 10, à 20, à 30°, etc., elle absorbe, en se vaporisant, 525, 515, 505, etc., degrés.

La vapeur restitue ces centaines de degrés de chaleur latente aux surfaces sur lesquelles sa liquéfaction s'opère. Voilà, pour le dire en passant, le secret du chauffage à la vapeur. On comprend bien mal ce procédé industriel lorsqu'on s'imagine que le gaz aqueux va seulement porter au loin, dans des tuyaux où il circule, la chaleur thermométrique; ses principaux effets sont dus à la chaleur de composition, à la chaleur cachée, à la chaleur latente qui se dégage au moment où le contact de surfaces comparativement froides ramène la vapeur de l'état gazeux à l'état liquide.

Pour mettre en complète évidence l'action réfrigérante de la vaporisation, je citerai une expérience curieuse de M. Bussy dans laquelle cette action est portée à l'extrême.

Qu'on entoure de coton la boule d'un thermomètre à alcool; qu'on la plonge ensuite dans de l'acide sulfureux liquide. Cela fait, si on laisse le liquide s'évaporer spontanément à l'air, il se produit sur-le-champ un froid de — 57° centigrades. Dans le vide de la machine

pneumatique, l'évaporation est plus rapide et le thermomètre descend jusqu'à — 68°.

Par ce procédé on peut faire en tout lieu et en toute saison l'expérience jadis si difficile de la congélation du mercure.

CHAPITRE X

ÉCHAUFFEMENT DE L'AIR

Les températures terrestres se déterminent ordinairement à l'aide de thermomètres situés dans l'air à une petite hauteur au-dessus du sol. Il faut donc rechercher comment les températures des corps solides ou liquides dont l'écorce de notre globe est formée se communiquent à notre atmosphère.

La portion d'atmosphère en contact avec un corps chaud s'échauffe, celle qui pose sur un corps froid se refroidit. La première, en s'échauffant, se dilate et s'élève; c'est là l'origine de ce qu'on a appelé le *courant ascendant.*

Qu'arrive-t-il à une portion d'atmosphère énormément échauffée par son contact avec le sol, pendant son mouvement ascensionnel, autrement dit pendant sa dilatation? Il arrive ceci, qu'à peine élevée de quelques centimètres au-dessus du sol, l'atmosphère ne possède déjà plus la température qu'elle avait acquise quand elle était en contact avec lui.

L'air, en se dilatant, a besoin pour se constituer dans son nouvel état, d'emprunter aux corps environnants ou à sa propre température primitive et sensible au thermo-

mètre, une quantité considérable de chaleur qui devient latente. Ce fait est établi avec une entière évidence à l'aide d'une expérience très-simple : on suspend un thermomètre au milieu d'un grand vase rempli d'air et placé sur le plateau d'une machine pneumatique. Lorsqu'on fait jouer la machine pour diminuer la densité de l'air intérieur, chaque coup de piston amène un abaissement dans les indications du thermomètre. Le phénomène est surtout sensible lorsqu'on se sert des thermomètres métalliques en spirale de M. Breguet, de ces thermomètres qui sont pour ainsi dire tout en surface. Au lieu d'un abaissement de température, on observe une augmentation, comme on devait s'y attendre, quand on laisse rentrer l'air dans le récipient de la machine pneumatique.

Ces abaissements de température par la dilatation et ces élévations par la condensation de l'air sont très-considérables. Nous y aurons recours lorsque nous nous occuperons du décroissement énorme de température qu'on observe dans l'atmosphère en visitant en ballon des régions de plus en plus élevées.

Les physiciens ont longuement débattu entre eux la question de savoir si les rayons solaires qui traversent une atmosphère sereine augmentent sa température d'une manière appréciable. Ceux qui se sont prononcés pour la négative s'appuient sur ce résultat : qu'en pleine mer, et loin des continents, la température de l'atmosphère n'est jamais supérieure, disons plus, n'est jamais égale à celle de la surface des eaux. Mais ces expériences n'ont été faites que sur le pont des navires ; or, telle est la rapidité avec laquelle l'air se refroidit en s'éloignant, même de

quelques centimètres, d'un corps échauffé avec lequel il était primitivement en contact, que l'expérience dont je viens de parler ne pourra conduire légitimement à la conclusion qu'on en a tirée qu'après avoir été répétée avec un thermomètre dont la boule sera presque en contact avec la surface de l'Océan.

Il faut remarquer au surplus que la température de l'air en contact avec l'eau ne pourrait être supérieure à la température du liquide qu'à raison de l'absorption que la lumière solaire aurait éprouvée dans une mince couche atmosphérique, absorption qui est évidemment insensible.

CHAPITRE XI

TEMPÉRATURES MOYENNES

Dans la discussion à laquelle nous allons nous livrer, il sera souvent question de *températures moyennes*. Je dois donc indiquer le sens précis de cette expression.

La température moyenne d'un jour quelconque de l'année est la moyenne des températures observées à tous les instants dont le jour se compose. Si l'on fixait à une seconde la durée de chacun de ces instants, on aurait à additionner un nombre d'observations thermométriques égal à 86,400, nombre de secondes contenues dans un jour, et à diviser la somme par 86,400. Si au lieu de procéder par secondes on choisissait des minutes, comme il y en a 1,440 par jour, on aurait à diviser par 1,440 la somme des 1,440 températures observées dans un jour; le quotient serait la température moyenne de ce jour. On

détermine ordinairement la température moyenne d'un jour avec une exactitude suffisante par des observations répétées à de plus longs intervalles qu'à des secondes et même à des minutes. Des observations faites d'heure en heure conduisent au but désiré. La température moyenne est dans ce cas obtenue en divisant par 24 la somme des 24 observations faites aux 24 heures de la journée.

On a cherché si la succession des températures dans les 24 heures de la journée ne se faisait pas généralement en toute saison, suivant une loi régulière qui permît d'obtenir la température moyenne de la journée par des observations moins assujettissantes que celles dont nous venons de parler. Le résultat de cette recherche a été qu'on peut prendre pour température moyenne, sans une trop grande erreur, la demi-somme de la température maximum et de la température minimum d'un jour. Or ces températures s'observent en toute saison à des époques déterminées de la journée : le minimum, quelques instants après le lever du Soleil, et le maximum, vers les deux heures de l'après-midi. Ainsi on n'a plus alors, pour avoir la température cherchée, qu'à diviser la somme de deux indications du thermomètre par 2. Ces deux éléments de la température moyenne sont d'ailleurs donnés par deux thermomètres qu'on n'a besoin de consulter qu'une fois toutes les vingt-quatre heures, et dont l'un donne de lui-même le minimum de température qui s'est manifesté dans les vingt-quatre heures en l'absence de l'observateur, tandis que l'autre thermomètre fournit le maximum.

Il est d'autres procédés auxquels les météorologistes

sont arrivés pour obtenir la température moyenne de chaque jour de l'année ; ainsi on peut prendre la moyenne de trois observations faites, la première au lever du Soleil, la deuxième à deux heures de l'après-midi, la troisième au coucher du Soleil. Il serait superflu d'entrer ici dans plus de détails sur ce sujet.

A peine ai-je besoin d'ajouter qu'après avoir déterminé la température moyenne de chaque jour de l'année, on obtient la température moyenne de cette même année en additionnant les 365 premières déterminations et en divisant la somme par 365, nombre de jours dont l'année se compose.

On a trouvé que sous l'horizon de Paris on pourrait arriver à avoir la température moyenne de l'année en prenant seulement la moyenne du mois d'octobre, ou bien en faisant la moyenne de toutes les températures indiquées chaque jour entre huit et neuf heures du matin.

Lorsqu'on veut avoir la température moyenne d'un lieu, dégagée des effets provenant de circonstances accidentelles qui tantôt l'augmentent et tantôt la diminuent, on groupe 10, par exemple, de ces températures moyennes et l'on divise leur somme par 10. Ce n'est qu'au prix de ce groupement qu'on obtient la température moyenne d'un lieu donné, à une fraction de degré près.

La température moyenne d'un lieu est aussi la température constante que présente une couche plus ou moins profonde du sol. A Paris, les observations thermométriques faites depuis trois quarts de siècle, dans les caves de l'Observatoire, ont montré qu'à une profondeur de 25 à 26 mètres on rencontre une couche qui se trouve

garder invariablement à peu près la température moyenne de l'air à la surface. Les sources qui jaillissent d'une petite profondeur donnent aussi la température moyenne de la contrée. Sous l'équateur, d'après les observations de M. Boussingault, on a immédiatement la température moyenne du lieu en plongeant un thermomètre dans un trou foré à 30 centimètres de profondeur dans un sol abrité et non humide.

L'existence des couches à température invariable démontre évidemment que l'état de l'intérieur de notre globe, que la chaleur propre de la Terre, n'influe en rien sur les modifications énormes que subit la température extérieure de chaque lieu. Ce sera donc dans les phénomènes du calorique rayonnant que nous devrons chercher l'explication des saisons.

CHAPITRE XII

EXPLICATION DES SAISONS

Considérons d'abord la série d'objets matériels dont se compose l'horizon de Paris. Ce que nous dirons à ce sujet sera de point en point applicable à tout autre horizon semblablement placé et même à un horizon quelconque, pourvu qu'il soit situé au nord de l'équateur.

Toute la série d'objets dont se compose un horizon donné s'échauffe pendant le jour et se refroidit pendant la nuit. Le fait est constant ; personne ne le nie ; mais de quelle manière, suivant quelles lois le refroidissement, l'échauffement du sol et de l'atmosphère s'opèrent-ils? Ici

commence réellement le rôle de l'astronome et du physicien. C'est en approfondissant ces questions qu'on arrive à expliquer la diversité des températures terrestres, dans les douze mois de l'année, dans les lieux différemment situés, sur les côtes orientales comparées aux côtes occidentales des continents, sur des plateaux élevés ou près du niveau de la mer, etc.

Partons des expériences de cabinet à l'aide desquelles les physiciens ont établi qu'un corps, quel qu'il soit, se met en communication rayonnante, même à travers le vide le plus parfait, avec tous les corps, plus chauds ou plus froids que lui, composant l'enceinte matérielle dont il est entouré. Demandons-nous ensuite ce qui arrive lorsque les espaces célestes forment une partie de l'enceinte dans laquelle on opère.

La température de notre atmosphère va rapidement en diminuant à mesure que l'on s'élève. Ce résultat semble impliquer que l'espace dans lequel la Terre se trouve comme suspendue, est très-froid. Si l'atmosphère et l'espace se comportent à la manière des corps froids ordinaires, les corps terrestres d'une température élevée ou seulement modérée qui pourront rayonner, enverront constamment vers l'atmosphère et vers l'espace dans lequel notre globe se meut, une quantité de chaleur variable avec leur nature et leur température propre. Cette quantité de chaleur perdue sera-t-elle restituée par une cause quelconque? La restitution variera-t-elle en quantité aux diverses époques de l'année? Tel est le problème que nous devons chercher à résoudre.

La chaleur solaire est la cause première, nous pour-

rions presque dire, la cause unique du phénomène des saisons. Seulement cette cause est notablement modifiée dans ses effets, suivant la nature particulière des matières terrestres, liquides ou solides, qu'elle va frapper et qui l'absorbent en partie.

Lors même que le Soleil, dans un certain temps, verserait la même quantité de chaleur sur deux matières données, également absorbantes, mais de natures différentes, des absorptions égales n'élèveraient pas également les températures des deux corps. En effet, on n'a qu'à se rappeler les nombreuses variétés de terrains que les géologues ont signalées sur la surface du globe. Or les diverses substances ont des chaleurs spécifiques très-différentes (chap. IX, p. 549), et par conséquent leurs températures s'élèvent très-différemment pour la même quantité de chaleur absorbée.

La matière terrestre transmet-elle, propage-t-elle facilement la chaleur? La chaleur absorbée, provenant du Soleil, se répand en peu de temps dans une grande épaisseur; la surface n'est jamais très-chaude.

La matière terrestre possède-t-elle des propriétés inverses? Toute la chaleur absorbée se concentre, en quelque sorte, à la surface et en élève considérablement la température.

Ainsi, pour des lieux semblablement placés à la surface de notre planète, les phénomènes d'échauffement et de refroidissement peuvent être très-différents. L'ensemble des circonstances qui influent sur la température moyenne d'un lieu constitue son climat.

Dans les discussions relatives aux climats, il est donc

indispensable de tenir grand compte de la conductibilité des matières que les rayons solaires vont échauffer. Il faut surtout bien apprécier, sous ce rapport, les propriétés comparatives des solides et des liquides : on ne doit pas oublier que la surface solide du globe étant 1, la partie recouverte par la mer est 2.7, presque 3.

L'eau n'a que très-peu de conductibilité pour la chaleur (chap. III, p. 531). En outre, comme les seuls rayons absorbés produisent un échauffement, comme les corps terrestres s'échauffent seulement à leur surface, la chaleur reçue par une surface aqueuse étant employée à la vaporiser (chap. IX, p. 552), il en résulte que la mer s'échauffe peu. Jamais, loin de terre, on ne la trouve au-dessus de plus de 30°. La température du sol s'élève au contraire dans quelques lieux jusqu'à 70°. Jamais l'air n'a une température supérieure à celle de la mer. Il ne s'échauffe donc que par contact. Les terres ont un grand pouvoir émissif, mais la mer, ainsi que nous le verrons plus loin (chap. XV, p. 573), ne se refroidit que peu.

Ces principes posés, il est facile d'expliquer le phénomène des saisons et d'apprécier les changements qui peuvent se produire lorsque l'on passera d'un horizon tel que celui de Paris, à un horizon composé différemment mais placé sur un même parallèle.

Depuis le 21 mars, époque de l'équinoxe de printemps, jusqu'au 23 septembre, époque de l'équinoxe d'automne, le jour dans nos climats surpasse la nuit, le Soleil est au-dessus de l'horizon de Paris pendant plus de douze heures.

Pendant que les rayons solaires tombent sur les objets solides ou liquides contenus dans notre horizon, ils les échauffent. Ainsi, le 21 mars, toute son étendue est échauffée pendant douze heures consécutives, mais en même temps elle est refroidie par voie de rayonnement vers l'espace, pendant ces mêmes douze heures de jour et pendant les douze heures de nuit qui leur succèdent, c'est-à-dire en tout pendant vingt-quatre heures. Il n'est pas possible de dire *à priori* si la perte surpasse le gain, car cela doit dépendre de l'intensité du rayonnement vers l'espace planétaire et de celle de l'action échauffante des rayons solaires, deux choses qui numériquement nous sont inconnues. Mais examinons ce qui se passe le 22 mars.

Ce jour-là les rayons solaires échaufferont l'horizon pendant un peu plus de douze heures. Quant au refroidissement par rayonnement, il s'opérera comme la veille pendant vingt-quatre heures. Or, ce qui prouve incontestablement que l'action échauffante, quoique ne s'exerçant que pendant environ douze heures, est supérieure, à cette époque de l'année, à l'action refroidissante, que l'horizon a plus gagné qu'il n'a perdu, c'est qu'abstraction faite des circonstances accidentelles, la température du 22 mars surpasse généralement celle du 21.

Nous arriverons au même résultat en comparant la température du 23 à celle du 22, et ainsi de suite.

Les rayons calorifiques du Soleil produisent des effets de plus en plus considérables jusqu'au 21 juin, parce qu'ils exercent leur action pendant des périodes graduellement plus longues, les jours augmentant sans cesse de longueur jusqu'à l'époque du solstice. Toutefois cette

cause, quoique prépondérante, n'est pas la seule qui occasionne les effets en question.

Considérons l'inclinaison sous laquelle les rayons solaires tombent sur la généralité des objets dont l'horizon de Paris se compose, à midi, par exemple. Cette inclinaison, comptée à partir de la surface, va en croissant jusqu'au 21 juin; donc les rayons absorbés, ceux qui seuls peuvent contribuer à l'échauffement des objets terrestres, comme nous l'avons vu (chap. VII, p. 545), iront chaque jour en augmentant vers le solstice.

Une troisième cause d'échauffement également influente doit être signalée ici. Le Soleil peut être considéré comme le centre d'une sphère d'où partiraient des rayons dans toutes les directions imaginables. Or, si à une certaine distance du centre de cette sphère on suppose un horizon d'une étendue déterminée exposé à l'action de ces rayons divergents, cet horizon en embrassera un nombre d'autant plus considérable qu'il se présentera à eux dans une direction plus voisine de la perpendiculaire. Qui ne voit que dans tous les midis compris entre le 21 mars et le 21 juin, un horizon quelconque, dans nos climats, se présente en effet aux rayons solaires dans des directions de plus en plus voisines de la perpendiculaire?

Ajoutons enfin que les rayons ne parviennent à la partie solide de notre globe qu'à travers une atmosphère, et que celle-ci, comme tout le monde a pu l'observer, arrête une quantité de rayons d'autant plus considérable qu'elle est traversée dans une plus grande longueur et plus obliquement.

Ainsi, en résumé, depuis le 21 mars jusqu'au 21 juin,

l'horizon de Paris reçoit de jour en jour plus de rayons solaires; ces rayons arrivent avec plus d'intensité, sous des inclinaisons, à midi du moins, de plus en plus favorables pour l'absorption; enfin leur action a chaque jour une plus grande durée. Par toutes ces causes l'horizon doit s'échauffer entre ces deux époques.

Remarquons, en outre, qu'à mesure qu'un horizon s'échauffe, sa vertu rayonnante, je dirai presque sa faculté refroidissante, va en augmentant. L'observation seule peut donc montrer à quelle époque les deux effets contraires se compenseront exactement, à quelle époque l'horizon cessera de s'échauffer.

En discutant une longue suite d'observations météorologiques, on a trouvé qu'à Paris, l'instant de la compensation, l'instant où la chaleur est à son maximum, ne coïncide pas avec le 21 juin, jour du solstice d'été, mais qu'il a lieu vers le 15 juillet.

Maintenant il est certain que, depuis cette époque jusqu'au 21 décembre, les jours deviennent de plus en plus courts, pour un lieu situé au nord de l'équateur; que l'action solaire va sans cesse en diminuant; que ces rayons arrivent à l'horizon de Paris de plus en plus affaiblis, parce qu'ils traversent des couches atmosphériques plus étendues et moins diaphanes; que l'inclinaison de la lumière à midi et à des heures voisines de ce moment de la journée, par rapport à cet horizon ou à tout autre situé dans l'atmosphère nord, et comptée à partir de sa surface, devient de moins en moins grande, et est alors moins propre à l'absorption; que cet horizon reçoit une quantité de rayons solaires sans cesse décroissante. De

toutes ces raisons réunies il résulte que la température de l'horizon de Paris et de tout autre horizon situé dans l'hémisphère nord, doit toujours aller en diminuant; mais il n'est pas évident de soi-même qu'il y aura compensation entre le rayonnement vers l'espace et les causes échauffantes, qui ont été sans cesse en s'affaiblissant, le 21 décembre, jour du solstice d'hiver.

L'observation montre, en effet, qu'à Paris la compensation parfaite n'arrive que vers le 14 janvier : c'est, abstraction faite des causes accidentelles, le jour du maximum du froid de l'année. A partir de cette époque, et jusqu'au 15 juillet suivant, la température va toujours en augmentant, ainsi que nous l'avons déjà expliqué, en prenant le 21 mars pour point de départ.

Toute cette série de raisonnements s'appliquerait à l'horizon d'un lieu situé dans l'hémisphère sud, comme Paris est situé dans l'hémisphère nord. Seulement nous trouverions, et ce résultat est conforme aux observations, que les mois les plus chauds dans l'hémisphère nord seraient les plus froids dans l'hémisphère sud, et réciproquement.

Le temps de la révolution entière du Soleil, ou la durée de l'année, a été à toutes les époques partagée en quatre périodes distinctes. L'intervalle compris entre le 21 mars et le 21 juin s'appelle le *Printemps*. L'intervalle qui s'écoule entre le 21 juin et le 23 septembre s'appelle l'*Été*. Le nombre de jours compris entre le 23 septembre et le 21 décembre compose l'*Automne*; et du 21 décembre au 21 mars on est en *Hiver*.

Il résulte de ce que nous venons de dire que le prin-

temps de l'hémisphère boréal correspond à l'automne de l'hémisphère opposé, et que lorsque de ce côté de l'équateur nous subissons les chaleurs de l'été, on ressent les froids de l'hiver dans les latitudes méridionales.

Les causes diverses qui changent l'action calorifique du Soleil sont très-peu variables durant toute l'année dans les deux régions voisines de l'équateur, situées l'une dans l'hémisphère nord, l'autre dans l'hémisphère sud, qu'on appelle les *régions tropicales* et qui forment la zone torride. Le jour y a, en effet, presque la même durée toute l'année; les hauteurs méridiennes du Soleil y sont peu variables, les quatre saisons, eu égard à la température, doivent donc peu différer les unes des autres. Par une raison toute contraire, les saisons seront très-dissemblables au nord comme au midi de l'équateur dans les régions où les jours auront dans l'année des durées très-inégales, ou, ce qui est presque la même chose en d'autres termes, là où les hauteurs méridiennes du Soleil changeront beaucoup dans le cours de l'année. Ces résultats de la théorie sont parfaitement vérifiés par les observations.

Une conséquence non moins évidente, c'est qu'il doit y avoir dans l'année une seule période de températures croissantes à laquelle succède une seule période contraire ou de températures décroissantes.

Voyons si les températures de Paris sont d'accord avec nos prévisions.

Les observations faites à l'Observatoire depuis 1806 jusqu'à 1851 inclusivement, c'est-à-dire pendant quarante-six ans, donnent les résultats suivants, pour les

moyennes des températures maxima, des températures minima et des températures moyennes :

Mois.	Températures moyennes		
	maxima.	minima.	moyennes.
Janvier	5°.02	— 0°.87	2°.07
Février	7 .31	0 .67	3 .99
Mars	10 .01	3 .15	6 .58
Avril	13 .12	6 .51	9 .81
Mai	18 .38	10 .67	14 .52
Juin	21 .12	13 .56	17 .34
Juillet	22 .67	15 .41	19 .04
Août	22 .42	14 .57	18 .49
Septembre	18 .85	12 .08	15 .46
Octobre	14 .64	7 .30	10 .97
Novembre	9 .67	3 .91	6 .79
Décembre	6 .85	0 .33	3 .59
Températures annuelles	14°.17	7°.27	10°.72

On voit que, soit que l'on consulte les maxima moyens de chaque mois, soit que l'on considère les minima moyens, soit enfin qu'on se contente de prendre les températures moyennes seulement, la chaleur tient une marche croissante de janvier à juillet et décroissante de juillet à décembre. Le mois le plus chaud est bien celui de juillet qui suit le solstice d'été, et le mois le plus froid est bien celui de janvier qui suit le solstice d'hiver. La moyenne des minima n'est qu'une seule fois, pour janvier, au-dessous de zéro; les mois les plus froids sont décembre, janvier et février, et constituent l'hiver climatologique réel; le printemps est formé par les mois de mars, d'avril et de mai; l'été par les trois mois les plus chauds, juin, juillet et août; les trois autres mois, septembre, octobre et novembre, forment le véritable automne.

CHAPITRE XIII

SUR LES FROIDS PÉRIODIQUES DE FÉVRIER ET DE MAI

Nous avons dit que, si l'on prenait les températures moyennes de chaque jour de l'année à Paris, on trouvait une augmentation de chaleur depuis le 14 janvier jusqu'au 15 juillet et ensuite une diminution constante entre cette dernière date jusque vers le 14 janvier suivant. Ce phénomène général ne laisse pas que d'avoir quelques discontinuités. Ainsi l'on a remarqué que la température de chaque jour, en février et en mai, n'est pas toujours supérieure à celle de la veille, inférieure à celle du lendemain. Nous avons déjà indiqué (liv. XXVI, chap. VII, pag. 322) que quelques astronomes et entre autres MM. Erman et Petit attribuent ces phénomènes frigorifiques aux masses d'astéroïdes qui s'interposent parfois entre le Soleil et la Terre.

Nous avons vu que la Terre traverse un essaim d'astéroïdes vers le 13 novembre. Si ces astéroïdes forment un anneau plan et continu, nous pourrons le rencontrer dans le point opposé de l'orbite terrestre, du 10 au 13 mai.

Il y a ici trois cas à considérer. Le point d'intersection de l'anneau d'astéroïdes et de l'écliptique est-il sur l'orbite terrestre même, la Terre passera au travers, et nous verrons, dans le mois de mai, des apparitions nombreuses d'étoiles filantes, comme en novembre.

La région où l'anneau d'astéroïdes rencontre l'écliptique est-elle moins éloignée du Soleil que ne l'est la

Terre, les astéroïdes se projetteront sur le Soleil, en affaibliront l'éclat. La température du 10 au 13 mai pourra s'en ressentir.

Enfin, les astéroïdes de novembre ne produiront aucun effet et seront difficilement visibles dans le mois de mai, si leur second point de rencontre avec l'écliptique est plus éloigné du Soleil que la Terre.

M. Erman, ayant remarqué une anomalie dans la progression croissante et naturelle des températures entre le 1er et le 31 du mois de mai, cette anomalie existant dans des lieux diversement situés, étant toujours une diminution, se manifestant partout du 10 au 13, s'est cru autorisé à l'attribuer à l'interposition des astéroïdes entre la Terre et le Soleil.

. Le flux d'astéroïdes du 10 août conduit à un résultat semblable. Disposé en anneau plan, ce flux rencontrera l'écliptique entre le 5 et le 11 février; c'est dans cet intervalle qu'il pourra produire une éclipse partielle du Soleil. M. Erman se croit autorisé, d'après diverses séries d'observations météorologiques, à affirmer que cette éclipse a lieu réellement toutes les années.

Le froid périodique du mois de mai est une tradition populaire; les horticulteurs appellent les *trois saints de glace*, saint Mamert, saint Pancrace et saint Servais, dont les anniversaires ont lieu les 11, 12 et 13 mai. Il y a là une coïncidence bien remarquable. Toutefois, on explique aussi le phénomène en l'attribuant à la fonte des neiges et des glaces sur les diverses montagnes du nord de l'Europe. La neige en fondant absorbe, comme nous l'avons vu, une grande quantité de chaleur qu'elle doit em-

prunter à tous les corps environnants, et par conséquent aussi à l'air avec lequel elle est en contact. On a donc supposé que le froid qui résultait de la fonte annuelle des neiges se propageait du nord vers le sud, et qu'il amenait l'abaissement périodique signalé par les observations. Un hiver neigeux devrait, dans cette hypothèse, être suivi d'un mois de mai plus froid, et avec un hiver doux la période froide de mai devrait être peu sensible.

CHAPITRE XIV

ÉGALITÉ DE TEMPÉRATURE MOYENNE POUR TOUS LES POINTS D'UN HORIZON DE TERRE FERME DÉTERMINÉ — DIFFÉRENCES ENTRE LES TEMPÉRATURES MOYENNES DANS LES VILLES ET EN RASE CAMPAGNE

L'observation a prouvé que dans toute l'étendue d'un horizon déterminé, celui de Paris, par exemple, on obtient à peu près la même température moyenne de l'année, comme aussi une égale température pour les mêmes jours de cette année. Cela ne semblerait pas devoir être lorsqu'on songe que le sol s'échauffe diversement, suivant sa nature, suivant son degré de division, suivant sa conductibilité; aussi nul doute que si les thermomètres avec lesquels on détermine les températures individuelles des jours et la température moyenne de l'année, étaient en contact avec le sol ou enfoncés de quelques millimètres audessous de sa surface, on ne trouvât des différences très-sensibles entre les indications de celui de ces instruments qui serait, par exemple, recouvert de poussière de charbon et le thermomètre dont la boule serait abritée par de la



poussière provenant de roches calcaires ou quartzeuses. Mais il faut se rappeler que les thermomètres qu'on observe sont situés dans l'air et généralement à quelque hauteur au-dessus du sol ; que si les couches atmosphériques en contact avec des sols si divers et si inégalement échauffés ont des températures initiales différentes, elles se mêlent et que leur mélange doit porter le thermomètre à des indications à peu près uniformes. Si cette explication est exacte, là où les mélanges atmosphériques seront gênés, on ne devra pas trouver le même degré de température que dans des lieux ouverts. Cette remarque conduit à la conséquence que dans l'intérieur des villes le thermomètre ne doit pas marquer le même degré qu'en rase campagne, et qu'il donnera dans l'année des résultats anormaux, sans cependant que les effets numériques de ces circonstances accidentelles puissent être déterminés autrement que par voie d'expérience. C'est ainsi qu'on explique, du moins en partie, la différence d'un demi-degré que Howard a trouvée entre la température moyenne de la ville de Londres et celle de la campagne environnante.

CHAPITRE XV

TEMPÉRATURES MOYENNES DE L'OCÉAN PAR DIVERSES LATITUDES

Il est temps d'examiner maintenant comment les phénomènes de température sont modifiés lorsqu'un horizon d'une étendue déterminée, au lieu d'être composé de parties solides, est recouvert en totalité d'une épaisse couche d'eau.

Nous avons déjà expliqué (chap. IX, p. 548) que l'eau s'échauffe moins à sa surface que les matières terreuses, parce que ces dernières matières ont une chaleur spécifique très-inférieure à celle de l'eau. En sorte que la quantité de chaleur solaire nécessaire pour élever leur température de 10°, par exemple, est beaucoup moins considérable que la chaleur de même origine qui peut élever du même nombre de degrés la température d'une couche liquide.

Nous devons remarquer, en outre, que les rayons solaires qui s'absorbent dans une très-mince couche terreuse, pénètrent en partie dans l'eau à une profondeur considérable; qu'en mer notamment ils ne s'éteignent tout à fait qu'après avoir traversé des profondeurs d'une centaine de mètres, en sorte que la chaleur provenant de l'absorption, au lieu de se concentrer pour ainsi dire à la surface, porte sur une grande masse d'eau et doit être d'autant moindre que cette masse est plus considérable.

L'évaporation, cause très-intense de froid, comme nous l'avons vu (page 552), est d'autant plus forte que ce phénomène s'exerce sur une plus grande échelle. Or, là où le liquide peut fournir sans cesse à l'évaporation, existe une cause de refroidissement qu'on ne trouve pas du tout ou qu'on ne trouve pas au même degré sur la terre ferme.

Il résulte de ces trois causes (chaleur spécifique, diathermansie, évaporation), que l'eau et l'atmosphère qui est en contact avec elle, doivent être moins chaudes l'été que les portions continentales des terrains semblablement situés.

Après avoir vu ce qui arrive à l'eau pendant l'été, sous

le rapport de la température, examinons comment elle se comporte en hiver.

Nous l'avons déjà dit, les molécules superficielles, refroidies par leur rayonnement vers les régions froides de l'espace, se précipitent vers le fond à cause de leur excès de pesanteur spécifique (chap. III, p. 531); en conséquence, la surface de la mer doit conserver une température supérieure à celle que présente la surface des continents, puisqu'ici les molécules superficielles refroidies ne s'enfoncent pas dans le terrain.

Ces conséquences déduites d'un examen minutieux du mode d'action des rayons solaires sur une surface liquide et sur une surface continentale, sont confirmées par les observations.

Ainsi, à Bordeaux, la température moyenne de l'hiver est de 6°.1, tandis que sous la latitude de cette ville la température de l'océan Atlantique ne s'abaisse jamais au-dessous de 10°.7 centigrades.

Sous le 50e degré on n'a jamais trouvé l'Océan au-dessous de 9° centigrades.

L'ensemble des observations qu'on a recueillies montre que dans l'hémisphère nord et dans la zone tempérée la température moyenne d'un îlot situé au milieu de l'océan Atlantique serait plus élevée que la température moyenne d'un lieu semblablement placé sur le continent, et qu'on y trouverait un été moins chaud et un hiver moins froid. Des différences dans ce sens-là ont été particulièrement constatées à l'île de Madère.

CHAPITRE XVI

DIFFÉRENCES ENTRE LES TEMPÉRATURES MOYENNES DES LIEUX SEMBLABLEMENT SITUÉS AU NORD ET AU MIDI DE L'ÉQUATEUR — LE SOLEIL VERSE UNE ÉGALE QUANTITÉ DE CHALEUR SUR LES DEUX HÉMISPHÈRES TERRESTRES

Il résulte de la théorie que nous venons de donner des saisons, que des points semblablement situés au nord et au midi de l'équateur devraient avoir la même température moyenne; il n'en est rien, cependant. Quelle peut être l'origine de cette différence? On a pensé premièrement à l'attribuer à une cause astronomique dont nous n'avons pas d'abord tenu compte, afin de ne pas compliquer l'explication. Je veux parler des changements de distance du Soleil à la Terre dans les différents mois de l'année.

Si l'orbite apparente du Soleil était une circonférence de cercle, nous n'aurions pas un seul mot à changer à ce qui précède. Mais cette orbite est une ellipse ; nous y avons distingué deux points, le périhélie et l'aphélie (liv. XVI, chap. VII, t. II, p. 226) correspondant à des distances du Soleil à la Terre assez dissemblables ; la distance périhélie étant 0.9832, on a trouvé, par des mesures micrométriques, que la distance aphélie s'élève à 1.0168, ou, en d'autres termes, que la distance périhélie étant représentée par 100, la distance aphélie est exprimée par 113. Le Soleil doit éclairer et échauffer un horizon terrestre donné, d'autant plus qu'il est plus près, d'autant moins qu'il est plus loin, et cela dans le rapport

du carré des distances. Or, maintenant le Soleil passe à son périhélie vers le mois de décembre et à son aphélie vers le mois de juin. Il est donc le plus loin possible de la Terre pendant le printemps et l'été de l'hémisphère nord, et le plus près pendant l'automne et l'hiver de ce même hémisphère.

La moindre distance du Soleil dans ces deux dernières saisons doit contribuer à tempérer le froid, et la plus grande distance, qui s'observe dans le mois de juin, doit diminuer les chaleurs du printemps et de l'été. L'inverse aura évidemment lieu dans l'hémisphère sud. Le printemps et l'été y seront plus chauds que si l'orbite du Soleil était circulaire, tandis que l'automne et l'hiver y seront plus froids qu'on ne le trouverait dans la même supposition.

Tout ce que nous venons de dire est évident de soi-même; mais ne négligeons pas de remarquer que le Soleil se meut plus lentement lorsqu'il est loin et plus vite quand il est près, et qu'en conséquence de ces inégalités de vitesse, le Soleil emploie huit jours de plus à aller de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, qu'à parcourir la demi-circonférence comprise entre l'équinoxe d'automne et l'équinoxe de printemps. Ainsi les deux saisons chaudes dans notre hémisphère sont certainement un peu plus froides que les saisons chaudes de l'hémisphère sud, mais aussi elles ont plus de durée. Tout compte fait, la compensation est exacte, et l'on trouve que le Soleil, malgré ses changements de distance, verse sur les deux hémisphères de la Terre précisément la même quantité de chaleur ; ce n'est donc pas dans le phénomène astronomique lié à la forme elliptique de l'orbite

solaire, ce n'est pas dans les changements de distance de cet astre à la Terre que nous devons chercher la cause de l'inégalité de température moyenne qu'on a trouvée en comparant des observations faites dans des lieux semblablement situés de part et d'autre de l'équateur, entre la température moyenne des îles Malouines, par exemple, et la température moyenne de Londres.

Empressons-nous de le répéter, tout ce que cette inégalité de distance peut entraîner, c'est une inégale répartition des températures dans les différents mois de l'année ; quant au résultat moyen il devrait être absolument le même ; mais il est une cause liée à la constitution physique de notre globe, l'inégale répartition des terres et des mers entre les deux hémisphères opposés, qui peut conduire à une explication plausible du phénomène, ainsi que nous allons essayer de le montrer.

CHAPITRE XVII

EXPLICATION DE LA DIFFÉRENCE QUI EXISTE ENTRE LES TEMPÉRATURES MOYENNES DE LIEUX SEMBLABLEMENT SITUÉS AU NORD ET AU MIDI DE L'ÉQUATEUR

Il me paraît évident qu'il faut chercher la cause de la différence indiquée en tête de ce chapitre, dans les répartitions inégales de la terre ferme et de l'eau sur les deux hémisphères.

Ainsi que nous l'avons déjà dit (chap. XII, p. 561), l'étendue de la portion liquide de notre globe est à celle de la partie solide comme 27 est à 10, ou à peu près comme 3 est à 1.

Les atmosphères des différentes régions du globe se mêlent entre elles par l'action des vents forts ou des courants de moindre vitesse. L'Océan, à cause de sa grande étendue, doit donc jouer un rôle immense sur le caractère des climats continentaux dans toutes les régions que son atmosphère particulière va visiter. L'étude des changements de température de l'atmosphère océanique et celle des directions du vent, peut donc seule conduire à une juste appréciation de certains climats.

Si l'on fait passer un parallèle à l'équateur par les îles Malouines, par exemple, à peine rencontrera-t-il dans son parcours quelque portion de terre de l'Amérique; tout le reste de cette ligne se développera sur l'Océan. Le parallèle en question sera donc, dans toute son étendue, le siége d'une évaporation considérable qui s'opérera à l'aide d'une forte quantité de chaleur enlevée aux eaux de la mer; il est vrai que la chaleur latente renfermée dans cette vapeur et dans les nuages qui en sont la conséquence, sera abandonnée au moment de la transformation des nuages en pluie. Mais il faut remarquer que cette transformation ne s'effectuera pas exactement dans la verticale du lieu océanique d'où la vapeur s'est élevée, que les vents peuvent transporter les nuages, et même l'atmosphère non nuageuse dans laquelle définitivement ils se forment, fort loin de leur situation originelle, et que la restitution de chaleur que les vapeurs abandonnent à l'atmosphère ou aux eaux de l'Océan au moment de leur transformation en pluie, s'effectuera au profit d'une région très-différente de celle où l'évaporation avait commencé. De là la conséquence que la mer, dans le parallèle des îles

Malouines, sera plus froide que sa position géographique n'aurait porté à le supposer. La température moyenne de ces îles et celle du continent américain, modifiées par la température moyenne anormale des mers environnantes, devront donc être plus faibles que la température des points semblablement situés au nord de l'équateur, mais dans le voisinage desquels, à cause de l'étendue restreinte des mers, il ne s'est opéré qu'une évaporation beaucoup moins considérable.

Citons une seconde cause qui contribue aussi à rendre la mer, dans le voisinage des Malouines, plus froide qu'elle ne l'est dans nos climats. Là où la mer est plus étendue, il doit se former en hiver une plus grande quantité de glace; lorsque, dans la saison chaude, cette glace se fondra, elle empruntera la chaleur nécessaire à son changement d'état aux couches liquides sur lesquelles elle flotte. Il est vrai qu'antérieurement, au moment de sa congélation, les couches de l'Océan en se gelant, c'est-à-dire en devenant solides, avaient dû abandonner toute la chaleur latente qui constitue la différence entre l'eau liquide et la glace (chap. IX, p. 550); mais cette déperdition de chaleur s'était faite en partie au profit de l'atmosphère environnante, et les vents avaient disséminé la chaleur rendue libre dans toutes les régions du globe. Il est évident que cette cause de la basse température de la mer dans le parallèle des Malouines ne s'exerce pas au même degré sur les parallèles aquatiques moins étendus qui, dans l'hémisphère nord, sont compris entre l'Amérique et l'Ancien continent.

CHAPITRE XVIII

EXPLICATION DES DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURE QUI EXISTENT ENTRE LES CÔTES ORIENTALES ET LES CÔTES OCCIDENTALES DES DEUX CONTINENTS — CLIMAT RIGOUREUX DE L'AMÉRIQUE SEPTENTRIONALE

Répondons sur-le-champ à une objection qu'on ne manquerait pas de faire contre la théorie à l'aide de laquelle nous avons cherché à rendre compte de la diversité des climats. Vos explications, pourra-t-on nous dire, rendent suffisamment compte des différences de climats qui existent entre des îles et les points semblablement placés dans l'intérieur des continents; mais comment expliquer, d'après les mêmes principes, les différences qu'on trouve entre les températures de deux lieux l'un et l'autre continentaux situés par les mêmes latitudes? Comment expliquer, par exemple, les différences qu'on remarque entre les températures moyennes et les températures des diverses saisons de Quebec, quand on les compare aux observations de Paris? comment rendre compte des dissemblances que l'on observe entre les températures de Boston, de New-York, de Philadelphie et les températures des lieux qui ont les mêmes latitudes en Europe? Voilà l'objection dans toute sa force.

Eh bien, je réponds : Que les vents influent énormément sur la température des lieux qu'ils vont visiter, qu'ils portent dans chacun de ces lieux une partie de la température des régions qu'ils ont traversées; que partout où ils passent, ils laissent une portion plus ou moins considérable de leur température initiale lorsqu'ils sont

plus chauds que les régions parcourues, et que le contraire arrive lorsqu'ils sont plus froids. Or, par une cause astronomique que j'expliquerai dans le chapitre suivant (page 587), les vents prédominants dans les latitudes tempérées de l'Amérique sont les vents de sud-ouest. Ces vents venant de l'océan Pacifique n'atteignent la côte des États-Unis qu'après avoir traversé l'Amérique dans sa plus grande largeur. Quand ils soufflent en été, leur température, très-modérée au moment où ils quittent la mer Pacifique pour s'enfoncer dans le continent, s'accroît d'une partie de la température très-supérieure à la leur que toute la partie solide du continent américain a dû acquérir à cette époque de l'année. Au moment où ce vent arrivera à Quebec, à Boston, à Philadelphie, il aura donc à peu près la température que les atmosphères de ces villes auraient acquise par la seule absorption des rayons solaires. Le vent sud-ouest ne produira aucune diminution sur les températures estivales de la côte nord-est d'Amérique.

Pendant l'hiver, les vents du sud-ouest qui proviennent de l'océan Pacifique sont d'une température modérée; mais ils se refroidiront considérablement en traversant la vaste étendue du continent américain, et n'atteindront la côte orientale qu'avec une température très-basse, et qui ne pourra influer que très-faiblement sur la température astronomique ou indépendante des déplacements atmosphériques des villes que nous avons nommées.

Après avoir dépassé la côte orientale d'Amérique, le vent s'identifiera en toute saison avec la température de l'océan Atlantique qu'il traverse; il arrivera donc aux

rives de l'Ancien continent avec une température supérieure à celle de ce continent en hiver et plus faible en été; il aura pour effet de rendre moins dissemblables les températures des deux saisons extrêmes. Chacun comprendra alors pourquoi Buffon disait que sur la côte orientale des États-Unis on avait un *climat excessif*, c'est-à-dire pour chaque température moyenne comparée à celle d'Europe, un été beaucoup plus chaud et un hiver beaucoup plus froid.

Si l'explication est juste, on voit que les mêmes différences, relativement aux températures, doivent exister à parité de latitude entre les côtes orientales et occidentales du Nouveau continent, comme aussi entre les côtes du vaste empire de la Chine situées à l'orient de l'Ancien continent.

Les observations confirment complétement la théorie. Sous le rapport de la température, la côte occidentale d'Amérique, très-différente de la côte orientale du même continent, ressemble à la côte occidentale d'Europe, et, d'un autre côté, la côte orientale d'Amérique à *climats excessifs* est semblable à la côte orientale d'Asie.

Aussitôt que les régions septentrionales de l'Amérique furent découvertes, les navigateurs remarquèrent qu'à parité de latitude elles sont beaucoup plus froides que l'Europe. Ce fait, dont la théorie astronomique des climats ne pouvait pas donner une explication satisfaisante, exerça la sagacité de plusieurs physiciens, et entre autres de Halley. Suivant ce savant célèbre, une comète choqua jadis obliquement la Terre et changea la position de son axe de rotation. Par suite de cet événement, le pôle nord,

qui primitivement était très-voisin de la baie d'Hudson, se trouva transporté plus à l'orient. Mais les contrées qu'il venait d'abandonner avaient été si longtemps et si profondément gelées, qu'il y reste encore aujourd'hui des traces évidentes de cet ancien froid polaire. Il faudra, ajoutait-on, une longue série d'années pour que l'action du Soleil procure aux parties boréales du nouveau continent, le climat correspondant à leur position géographique, dégagé des effets de l'influence frigorifique qu'elles avaient anciennement subie.

Cette théorie pouvait paraître plausible du temps de Halley. Aujourd'hui que le fait météorologique qu'elle devait expliquer est connu dans tous ses détails, elle se trouve inutile, insuffisante, contraire même aux observations.

Il est très-vrai qu'à égalité de latitude il fait beaucoup plus froid aux États-Unis qu'en Europe; mais cette dissemblance s'efface presque entièrement quand les points de comparaison en Amérique sont pris sur la côte occidentale, ou, en d'autres termes, près des rivages du grand Océan. Ainsi, en admettant l'hypothèse de Halley, l'ancien pôle nord de la Terre n'a modifié en Amérique que la température de la côte orientale. Il a donc fallu que ce pôle se trouvât situé primitivement ou sur cette côte même, ou sur des méridiens qui en fussent peu éloignés. Alors quelle serait la cause du froid excessif de la côte d'Asie, qui, sous des latitudes semblables, ne le cède pas à celui de la côte atlantique de l'Amérique du nord? Hâtons-nous de le dire, Halley ne connut qu'un petit coin de l'intéressant phénomène de climatologie qu'il voulut

expliquer. Il ignora que dans l'ancien, comme dans le nouveau monde, la côte orientale se fait remarquer par une température très-basse ; que les lignes d'égale température, qu'on appelle maintenant lignes *isothermes*, d'après M. de Humboldt, diffèrent beaucoup des parallèles terrestres, qu'elles s'abaissent considérablement vers l'équateur, tant dans l'Amérique qu'en Europe, à mesure qu'en partant des côtes occidentales on s'enfonce dans l'intérieur des continents, etc.

La théorie de Halley reposant sur un fait mal observé ne saurait conduire en rien à admettre que l'axe de la Terre ait jamais changé de position, même d'un petit nombre de degrés.

CHAPITRE XIX

LES VENTS — BRISES DE TERRE ET DE MER RÉGLÉES PAR L'ÉCHAUFFEMENT ET LE REFROIDISSEMENT INÉGAUX DE LA TERRE ET DES EAUX — MOUSSONS — VENTS ALIZÉS — VENTS D'IMPULSION ET D'ASPIRATION — HARMATTAN — SEMOUN — CHAMSIN — VITESSES DES DIVERSES SORTES DE VENTS — INFLUENCE DES CHAÎNES DE MONTAGNES ET DES PLATEAUX ÉLEVÉS SUR LA PROPAGATION DES VENTS

Il faut soigneusement éviter, quand on veut introduire l'action perturbatrice du vent dans l'explication des saisons, de tomber dans un cercle vicieux. L'origine des vents généraux et leur mode de propagation doit faire l'objet d'une étude préliminaire et toute spéciale. La première question à résoudre est évidemment celle-ci :

De quelle manière se comporteront deux portions con-

tiguës de l'atmosphère, si elles viennent à être inégalement échauffées?

La difficulté du problème tient à ce que, dans une atmosphère sereine, l'œil ne peut saisir aucun repère propre à lui dévoiler le sens du déplacement des couches. Cependant on est arrivé à la solution dans certaines limites.

Pour déterminer comment se mêlent les atmosphères de deux salles contiguës et inégalement échauffées, Franklin imagina de promener une chandelle à toutes les hauteurs de la porte de communication. Dans le bas, près du parquet, la flamme indiquait un courant dirigé de la salle froide vers la salle chaude. Dans le haut de la porte, la flamme s'inclinant en sens inverse, signalait un courant dirigé de la salle chaude vers la salle froide. A une certaine hauteur, entre ces deux positions extrêmes, l'air semblait stationnaire.

Que conclure de cette expérience? Évidemment que si, en un point de la surface de la Terre, il y a une cause d'échauffement, la colonne d'air superposée s'élève, qu'un courant inférieur se dirige vers la partie chaude et que la colonne d'air échauffée fournit un courant supérieur ayant un mouvement inverse ou dirigé du lieu chaud vers le lieu froid.

Ceux qui ont résidé dans les saisons chaudes sur le bord de la mer savent que tous les jours à partir d'une certaine heure (neuf ou dix heures du matin), il s'élève un vent soufflant de la mer vers la terre qu'on appelle *une brise de mer*. Ce vent, attendu avec impatience par les habitants, rafraîchit l'atmosphère pendant la plus grande

partie de la journée jusque vers les cinq ou six heures du soir. La cause de ce vent est facile à trouver, d'après l'expérience de Franklin : il dépend en effet, évidemment, des échauffements inégaux que l'action des rayons solaires fait éprouver aux terres continentales et à l'Océan.

Chaque jour, lorsque, à partir de neuf heures du matin, la température de la côte commence à dépasser la température moyenne qui est toujours à peu près celle de la mer, l'air qui repose sur celle-ci souffle vers la terre. Après neuf heures du soir, au contraire, lorsque la température de la côte est retombée au-dessous de la moyenne, l'air reflue de la terre vers la mer. A la brise de mer ou du matin succède ainsi chaque jour, après quelques heures de calme, la brise du soir ou de terre. Les marins profitent de ces deux vents pour entrer dans les ports ou pour en sortir.

A propos de cette explication des brises de terre et de mer, je consignerai ici une remarque qui me paraît propre à expliquer pourquoi, sur la côte orientale des États-Unis, la température, en été, est si excessive. Si je ne me trompe, la brise de mer, ce vent modérateur des températures, ne peut pas exister sur cette partie des côtes des États-Unis, toutes les fois que le vent d'ouest y souffle. Ce dernier vent, en effet, doit refouler le vent de direction contraire qui, sans cela, se serait répandu de l'Atlantique sur toute l'étendue des côtes des États-Unis.

Les brises cessent de se faire sentir à une petite distance des côtes, et à leur place règnent en mer les vents qu'on appelle des *moussons*, mot qui vient de l'arabe et signifie saisons, parce que ces vents soufflent six mois dans un

sens et six mois dans l'autre. L'observation montre que, dans l'hémisphère boréal, la mousson de printemps commence en avril et la mousson d'automne en octobre ; dans l'hémisphère austral, où nous avons vu que les saisons sont contraires, la mousson d'automne commence en avril et la mousson de printemps en octobre. Une mousson est toujours dirigée vers l'hémisphère que le Soleil échauffe le plus de ses rayons. Le passage d'une mousson à la suivante est souvent une époque critique pour la navigation, soit parce que plusieurs vents forment une espèce de conflit d'où il résulte des tempêtes, soit parce que, ailleurs, il règne un calme plus ou moins prolongé entre les deux moussons contraires. La conformation des mers et des côtes influe sur ces phénomènes de manière à leur imposer des lois particulières dans chaque région.

Vers l'équateur, le Soleil frappant la Terre de ses rayons, dans une direction perpendiculaire ou très-peu obliquement, y produit, comme nous l'avons vu, une température constamment plus élevée que dans les autres points de notre globe. Il en résulte que des deux hémisphères doivent affluer vers l'équateur deux courants inférieurs. A cause du mouvement de rotation diurne de la Terre, ces courants rencontrent des couches animées d'une vitesse croissante dans le sens de l'ouest à l'est. L'air qui était sur un parallèle de plus petit rayon venant à rencontrer l'air placé sur un parallèle de plus grand rayon, marche moins vite qu'il ne le devrait pour suivre notre globe dans son mouvement ; il est en retard pour un observateur et il doit, par conséquent, paraître se mouvoir en sens contraire du mouvement diurne. Il

résulte de la combinaison de ces deux effets des vents constants, nommés vents alizés, d'un vieux mot français qui signifie l'uniformité, la constance ; ces vents auront nécessairement, en toute saison, si d'autres causes n'interviennent pas dans le phénomène, la direction du nord-est dans l'hémisphère boréal, et celle du sud-est dans l'hémisphère austral. Il est bien entendu que beaucoup de circonstances locales pourront apporter des changements à ce résultat théorique. Ainsi, comme l'a appris le capitaine Basil Hall, entre 8° et 22° de latitude nord, on trouve un vent d'ouest à peu près permanent sur la mer qui baigne la côte occidentale du Mexique, de Panama à la péninsule de Californie.

Lorsqu'il s'éloigne des régions équatoriales, et à mesure qu'il se rapproche des zones tempérées sur lesquelles il va retomber en les refroidissant, le courant supérieur rencontre des couches d'air animées d'une moindre vitesse dans le sens du mouvement diurne. Il en résulte que le retour des vents alizés donne lieu dans les zones tempérées à un vent qui souffle du sud-ouest pour l'hémisphère boréal, et du nord-ouest pour l'hémisphère austral. C'est cette circonstance qui explique comment à Paris le vent souffle plus souvent du sud-ouest que de toute autre direction.

Dès les premières disputes sur le mouvement réel de la Terre, les coperniciens présentèrent les vents alizés comme une preuve du mouvement de rotation diurne, dirigé de l'occident à l'orient. Le vent alizé était à leurs yeux, comme le rapporte Cassini dans son Mémoire de 1693 sur la lumière zodiacale, une simple illusion.

L'observateur entraîné par le mouvement de la partie solide de notre globe aurait quitté l'air atmosphérique qui, dès lors, aurait semblé produire un vent soufflant en sens contraire, ou de l'orient à l'occident. Nous venons de voir que c'est la combinaison des vitesses différentes d'une part des couches d'air déplacées par suite des différences de température des divers points du globe et d'autre part des couches atmosphériques entraînées dans le mouvement diurne, qui produit réellement les vents alizés.

La théorie des vents alizés exige l'existence d'un contre-courant supérieur; plusieurs observations en ont donné la preuve. Le capitaine Basil Hall a observé que dans la région des vents alizés, les nuages très-élevés marchent constamment dans une direction opposée à celle du vent inférieur. Le même voyageur trouva, dans le mois d'août 1820, au sommet du pic de Ténériffe, un vent du sud-ouest, c'est-à-dire un vent diamétralement opposé au vent alizé qui soufflait à la surface de la terre. Le 22 juin 1799, lors de l'ascension que fit sur la même montagne mon illustre ami M. de Humboldt, il régnait sur le sommet du Piton un vent d'ouest très-violent.

Voici une autre preuve de l'existence de ce même contre-courant des vents alizés, déduite de la chute à la Barbade des poussières lancées par le volcan de l'île de Saint-Vincent (liv. XX, chap. XIII, t. III, p. 160).

Dans la soirée du 30 avril 1812, on entendit pendant quelques instants, à l'île de la Barbade, des explosions tellement semblables aux décharges de plusieurs pièces de gros calibre, que la garnison du château Sainte-Anne

resta sous les armes toute la nuit. Le lendemain matin, 1er mai, l'horizon de la mer, à l'orient, était clair et bien défini ; mais immédiatement au-dessus on apercevait un nuage noir qui couvrait déjà le reste du ciel, et qui même, bientôt après, se répandit dans la partie où commençait à poindre la lumière du crépuscule. L'obscurité devint telle alors que dans les appartements il était impossible de distinguer la place des fenêtres, et qu'en plein air plusieurs personnes ne purent voir ni les arbres à côté desquels elles se trouvaient, ni les contours des maisons voisines, ni même des mouchoirs blancs placés à 15 centimètres des yeux. Ce phénomène était occasionné par la chute d'une grande quantité de poudre volcanique, provenant de l'éruption d'un volcan de l'île de Saint-Vincent, et qui contenait, d'après une analyse du docteur Thomson, 91 parties de silice et d'alumine, 8 de calcaire et 1 d'oxyde de fer. Cette pluie d'un nouveau genre et l'obscurité profonde qui en était la conséquence, ne cessèrent entièrement qu'entre midi et une heure ; mais plusieurs fois, depuis le matin, on avait remarqué, en s'aidant d'une lanterne, comme des espèces d'averses pendant lesquelles la poussière tombait en plus grande abondance. Les arbres d'un bois flexible ployaient sous le faix ; le bruit que les branches des autres arbres faisaient en se cassant contrastait d'une manière frappante avec le calme parfait de l'atmosphère ; les cannes à sucre furent totalement renversées, enfin toute l'île se trouva couverte d'une couche de cendres verdâtres qui avait 3 centimètres d'épaisseur.

La situation relative de la Barbade et de Saint-Vincent

rend l'observation que nous venons de rapporter fort intéressante. Cette dernière île, comme on sait, est de 80 kilomètres plus occidentale que l'autre. Les vents alizés, dans ces parages, et particulièrement en avril et mai, soufflent uniformément et sans interruption de l'est, avec une légère déviation vers le nord. Il faut donc admettre que le volcan de Saint-Vincent avait projeté l'immense quantité de poussière qui tomba sur la Barbade et les mers voisines jusqu'à une hauteur où non-seulement les vents alizés ne se faisaient pas sentir, mais dans laquelle régnait même un courant diamétralement opposé. Ainsi les cendres du volcan de l'île de Saint-Vincent durent être projetées à une hauteur assez considérable pour avoir échappé à l'influence du vent alizé du nord-est, puisqu'elles se propagèrent dans une direction opposée ; cette propagation ne put avoir lieu que par l'effet du contre-courant supérieur, dont l'existence se trouve ainsi constatée sans réplique.

Lorsque les vents prennent naissance en un lieu donné par suite d'une augmentation de la pesanteur de la couche d'air superposée, ils se propagent par *impulsion*, ils poussent devant eux les couches atmosphériques, ils se font sentir d'abord dans les lieux d'où ils paraissent provenir. Lorsque, au contraire, il se produit quelque part une diminution de la pesanteur de la colonne aérienne, il y a appel des couches voisines ; le vent se propage par *aspiration*, il se fait sentir d'abord dans les lieux vers lesquels il se dirige.

Il n'est guère permis de douter, d'après les détails qui précèdent, que certains vents n'aient pour cause les

vides partiels atmosphériques, ou les courants ascendants qui se produisent à telle ou telle époque et dans telle ou telle région des continents et des mers. Les lieux où ces diminutions de densité se manifestent deviennent autant de centres vers lesquels les atmosphères circonvoisines affluent ou se précipitent. Jusqu'ici il n'a été question que de vents modérés. Prouvons par quelques faits que des vents très-violents, que de véritables ouragans sont quelquefois aussi des vents d'aspiration.

Le 21 octobre 1743, Franklin se préparait à observer une éclipse de Lune qui devait commencer à Philadelphie vers les 9 heures. Un ouragan du nord-est se manifesta, dès les 7 heures, avec une grande violence, avec son accompagnement ordinaire d'épais nuages et rendit l'observation impossible. Eh bien, à Boston, situé à environ 140 lieues au nord-est de Philadelphie, on put très-bien observer l'éclipse, l'ouragan s'y fit sentir deux heures plus tard que dans cette dernière ville. En faisant une enquête sur ce phénomène, Franklin trouva que le commencement du même ouragan avait été toujours plus tardif à mesure qu'on remontait davantage vers le nord-est.

On trouve dans un Mémoire du capitaine Tillard, sur la formation de l'île Sabrina, dans les Açores, en 1811, le passage suivant : « Le nuage de fumée (qui sortait du volcan) s'élevait beaucoup plus haut que les cendres ; de grandes masses moutonneuses s'étendaient graduellement dans la direction du vent, en une couche horizontale, et tiraient à elles une quantité de trombes qui ajoutaient beaucoup à la beauté de la scène. »

Franklin rend parfaitement compte, par deux exemples familiers, de la cause de pareils ouragans : « Supposons, dit-il, un long canal d'eau fermé à l'une de ses extrémités par une porte. L'eau y est tout à fait en repos jusqu'à ce que la porte s'ouvre. Alors l'eau commence à se mettre en mouvement pour s'écouler par cette porte; l'eau qui en est le plus proche se met la première en mouvement pour s'écouler par cette issue; l'eau qui avoisine cette première s'ébranle ensuite, et ainsi successivement, jusqu'à ce que l'eau qui est à l'autre extrémité du canal s'achemine la dernière de toutes vers le côté où la résistance est diminuée. Ainsi dans ce cas, toute l'eau se meut véritablement vers la porte, mais les temps successifs où ces mouvements commencent sont en sens contraire, c'est-à-dire de la porte en arrière jusqu'à la tête du canal.

« Supposons encore que l'air d'une chambre soit tranquille et sans aucun courant dans toute la chambre, jusqu'à ce qu'on fasse du feu dans la cheminée. L'air de dedans la cheminée, étant raréfié par le feu, s'élève immédiatement; l'air d'auprès de la cheminée accourt pour le remplacer dans la cheminée même, et ainsi de proche en proche, tout le reste de l'air, jusqu'à celui de derrière la porte.

« Ainsi, pour produire nos ouragans nord-est, sur les côtes occidentales des États-Unis, il suffit d'admettre une grande chaleur et une grande raréfaction dans le golfe du Mexique, ou dans le voisinage. L'air qui s'en élève y est remplacé par celui qui l'avoisine du côté du nord, et qui, étant plus froid, est conséquemment plus dense et

plus pesant. Celui-ci étant en mouvement est bientôt suivi par l'air le plus proche, en tirant toujours au nord, etc., etc. ; d'où il résulte un courant successif qui prend la direction du nord-est, parce que les côtes et les chaînes de montagnes du continent mexicain s'étendent du nord-ouest au sud-est. »

La haute température de l'intérieur de l'Afrique est l'origine des vents extraordinaires qui se font sentir sur les côtes de Guinée, sur celles de la Barbarie, en Égypte, dans l'Arabie, dans la Syrie, dans les steppes de la Russie méridionale et même jusqu'en Italie. Ces vents, nommés harmattan, semoum, chamsin, sont accompagnés de circonstances étranges sur lesquelles il est utile de donner quelques détails ; ils sont particulièrement chauds et secs et entraînent avec eux des tourbillons de poussière.

On appelle *harmattan* un vent qui souffle trois ou quatre fois chaque saison, de l'intérieur de l'Afrique vers l'océan Atlantique ; dans la partie de la côte comprise entre le cap Vert (latit. 15°N.) et le cap Lopez (latit. 1°S.), l'harmattan se fait principalement sentir dans les mois de décembre, de janvier et de février. Sa direction est comprise entre l'est-sud-est et le nord-nord-est. Sa durée est ordinairement d'un ou deux jours, quelquefois de cinq ou six. Ce vent n'a qu'une force modérée.

Un brouillard d'une espèce particulière et assez épais pour ne donner passage à midi qu'à quelques rayons rouges du Soleil, s'élève toujours quand l'harmattan souffle. Les particules dont ce brouillard est formé se déposent sur le gazon, sur les feuilles des arbres et sur

la peau des nègres, de telle sorte que tout alors paraît blanc. On ignore quelle est la nature de ces particules; on sait seulement que le vent ne les entraîne sur l'Océan qu'à une petite distance des côtes; à une lieue en mer, par exemple, le brouillard est déjà très-affaibli; à trois lieues il n'en reste plus de traces, quoique l'harmattan s'y fasse encore sentir dans toute sa force.

L'extrême sécheresse de l'harmattan est un de ses caractères les plus tranchés. Si ce vent a quelque durée, les branches des orangers, des citronniers, etc., se dessèchent et meurent; les reliures des livres (et l'on ne doit pas en excepter ceux-là même qui sont placés dans des malles bien fermées et recouverts de linge) se courbent comme si elles avaient été exposées à un grand feu. Les panneaux des portes et des fenêtres, les meubles dans les appartements craquent et souvent se brisent. Les effets de ce vent sur le corps humain ne sont pas moins évidents. Les yeux, les lèvres, le palais, deviennent secs et douloureux. Si l'harmattan dure quatre ou cinq jours consécutifs, les mains et la face se pèlent. Pour prévenir cet accident, les Fantee se frottent tout le corps avec de la graisse.

Après tout ce que nous venons de rapporter des fâcheux effets que produit l'harmattan sur les végétaux, on pourrait croire que ce vent doit être très-insalubre : c'est cependant tout l'opposé qu'on a observé. Les fièvres intermittentes, par exemple, sont radicalement guéries au premier souffle de l'harmattan. Ceux que l'usage excessif qu'on fait de la saignée dans ces climats avait exténués, recouvrent bientôt leurs forces; les fièvres rémittentes et

épidémiques disparaissent aussi, comme par enchantement. Telle est enfin l'influence salutaire de ce vent, que pendant sa durée, l'infection ne peut pas être communiquée, même par l'art. Voici le fait sur lequel se fonde cette assertion; il est rapporté par un ancien voyageur anglais, Mathieu Dobson :

En 1770, il y avait à Whydah, un bâtiment anglais, *the Unity*, chargé de plus de 300 nègres. La petite vérole s'étant déclarée chez quelques-uns de ces esclaves, le propriétaire se décida à l'inoculer aux autres. Tous ceux chez lesquels on pratiqua l'opération avant le souffle de l'harmattan gagnèrent la maladie. Soixante-dix furent inoculés le deuxième jour après que l'harmattan avait commencé à se faire sentir : aucun d'eux n'eut ni maladie ni éruption. Toutefois, quelques semaines après, à une époque où l'harmattan ne régnait plus, ces mêmes individus prirent la petite vérole, soit naturellement, soit artificiellement. Ajoutons que pendant cette seconde éruption de la maladie, l'harmattan ayant recommencé à souffler, les soixante-neuf esclaves qui en étaient attaqués furent tous guéris.

Le pays que traverse l'harmattan avant d'atteindre la côte se compose, jusqu'à la distance de plus de 100 lieues, de plaines de verdure entièrement ouvertes, et de quelques bois de peu d'étendue. On y trouve çà et là un petit nombre de rivières et de lacs peu considérables.

Le *semoum*, vent empoisonné du Désert, est un vent violent du sud-est. Il dessèche les outres dans lesquelles les voyageurs réunis en caravanes portent leur eau, et c'est par là surtout qu'il est à craindre. En juin 1815,

Burckhardt allant de Tor à Suez, vit une outre perdre en une matinée le tiers de son eau, par l'évaporation qu'occasionna le semoum. Ce voyageur est persuadé qu'il y a de très-grandes exagérations dans tous les récits qu'on a publiés sur les effets désastreux de ce vent; il s'y est exposé fréquemment sans en être incommodé d'une manière remarquable, et n'a pas entendu citer une circonstance bien authentique où ce vent ait occasionné la mort d'un homme ou celle d'aucun animal.

Des tourbillons, des espèces de trombes, se joignent fréquemment au semoum, et enlèvent dans les airs, jusqu'à une grande hauteur, des masses de sable qui donnent à l'atmosphère une teinte rouge, orange et même bleuâtre, suivant l'espèce de teinte du terrain; le jaune cependant prédomine. La poussière augmente toujours notablement la température de l'atmosphère.

En mai 1813, à Esné, dans la haute Égypte, pendant le semoum, Burckhardt trouva que le thermomètre montait à l'ombre jusqu'à 49°.4 centigrades. Mais cette chaleur excessive ne dure guère jamais plus d'un quart d'heure; aussitôt que la poussière s'abat, le thermomètre baisse. Les Arabes se couvrent la tête pour se garantir du sable flottant, et non pas, comme on l'a dit, dans la vue d'empêcher que l'air ne les frappe directement; Burckhardt ne les a jamais vus se coucher la face contre terre.

Le *chamsin*, très-remarquable par sa température élevée, dure 50 jours, ainsi que l'indique son nom dans la langue du pays; il commence environ 25 jours avant l'équinoxe du printemps pour finir 25 jours après.

En Europe, on connaît le sirocco d'Italie et le solano

d'Espagne qui jettent les habitants dans un grand état de langueur par la chaleur énervante qu'ils apportent avec eux. Le Nouveau Monde n'échappe pas non plus à l'influence brûlante de quelques vents chauds et secs; tels sont ceux qui soufflent de terre sur les côtes de la Nouvelle-Hollande, et ceux qui parfois se font sentir dans les llanos de l'Orénoque.

Les nombres suivants donnent une idée des vitesses des diverses sortes de vents :

Vitesse par seconde.	Vitesse par heure.	Caractère du vent.
	lieues	
0^m.5	0.45	à peine sensible.
1 .0	0. 9	sensible.
2 .0	1. 8	modéré.
5 .5	4.95	assez fort.
10 .0	9. 0	fort.
20 .0	18. 0	très-fort.
22 .5	20. 2	tempête.
27 .0	24. 3	grande tempête.
36 .0	32. 4	ouragan.
45 .0	40. 5	ouragan qui déracine les arbres et renverse les édifices.

Les vents qui se transportent avec ces vitesses plus ou moins grandes, doivent introduire des variations plus ou moins rapides dans les températures de chaque lieu; ce sont donc de grands modificateurs de climats. Toutefois, ils ne peuvent agir sur la surface des continents comme sur la surface des mers où ils ne rencontrent aucun obstacle à leur passage; mais en terre ferme, des plateaux élevés, des chaînes de montagnes les arrêtent ou changent leurs directions.

L'Asie est traversée de l'ouest à l'est par des chaînes

de montagnes très-élevées qui doivent souvent mettre obstacle à la propagation des vents méridionaux.

Au sud de l'Asie aucune terre continentale n'est située dans la zone torride. On n'y trouve, sous l'équateur, que de très-petites parties des îles de Sumatra, de Bornéo, de Celèbes, de Gilolo.

Au sud de l'Europe, au contraire, les régions de l'équateur et de la zone torride sont occupées par la partie la plus large du continent de l'Afrique.

Si les atmosphères des diverses régions de la Terre se mêlent, dans le haut ou dans le bas, par un mouvement dirigé du sud au nord, l'Europe recevra de l'Afrique des courants bienfaisants; l'Asie n'en jouira pas au même degré puisque les courants méridionaux ne pourraient lui arriver que de la mer.

M. de Humboldt a trouvé que, dans l'Amérique méridionale, l'étendue de la région montueuse est à celle des plaines comme 1 est à 4. Chacun peut concevoir, d'après ces chiffres, combien une modification sensible dans l'état physique des montagnes et conséquemment dans l'atmosphère qui les entoure, exercera d'influence sur la climatologie d'un pays tout entier.

CHAPITRE XX

ACTION DES COURANTS PÉLAGIQUES ET DES MERS SUR LES CLIMATS

Nous avons attribué un rôle important aux vents comme cause modificatrice des climats. Si nous écrivions un traité de météorologie, nous attribuerions une égale in-

fluence aux courants pélagiques qui transportent sous une latitude des eaux qui avaient été échauffées ou refroidies sous une latitude différente. Mais nous devons nous interdire de semblables détails. On nous permettra de remarquer, toutefois, que l'Europe, déjà favorisée, quant à sa température, par l'existence à son midi, d'une bande intertropicale toute terrestre, qui doit plus s'échauffer, par l'action des rayons solaires, que la bande aquatique intertropicale située au sud de l'Asie, jouit aussi de l'avantage d'avoir à son nord une mer qui, par une circonstance particulière, reste presque toujours libre de glaces jusqu'à une latitude très-élevée. La circonstance dont je veux parler est le courant d'eau chaude, connu sous le nom de *gulph stream*, lequel, après avoir débouché par le détroit de Bahama et longé, à distance, la côte orientale des États-Unis d'Amérique, va réchauffer l'Irlande, les îles Shetland, les Orcades, les côtes de la Norvége et les mers environnantes.

Il faut bien se le rappeler, la mer n'exerce par son voisinage une influence modératrice sur les froids des continents, qu'à la condition de rester liquide. Quand la mer se gèle, quand la mer se couvre de glaçons et de neige, elle agit comme la terre ferme.

Si l'on croyait que j'ai exagéré la part d'influence que la mer doit exercer sur la température des continents, je ferais remarquer qu'il résulte d'observations faites en Amérique que le voisinage des grands lacs y modifie les températures des contrées environnantes de manière qu'elles se rapprochent des températures des côtes. Telle doit être, par exemple, l'influence des lacs Huron et

Michigan qui ont, dans quelques points, plus de 600 mètres de profondeur, de telle sorte que leur fond est à plus de 400 mètres au-dessous du niveau de la mer.

Du reste, en jetant un coup d'œil sur les chiffres qui représentent le développement des côtes des continents, on comprend sans peine que les mers doivent influer inégalement sur les climats des terres. Ainsi, le développement des côtes de l'Europe est trois fois plus étendu que si, à surface égale, ce continent était circulaire.

Pour l'Asie, le rapport est celui de.........	1 à 2.4
Pour l'Afrique, celui de...................	1 à 1.4
Pour la Nouvelle-Hollande, celui de........	1 à 1.4
Pour l'Amérique du sud, celui de.........	1 à 1.6
Pour l'Amérique du nord, celui de.........	1 à 2.9

J'ajouterai le fait suivant comme exemple d'un lieu où le voisinage de la mer produit un climat particulier très-anomal. Près du port de Salcombe, dans le Devonshire, par plus de 50° de latitude nord, les myrtes passent l'hiver sans abri en pleine terre. En 1774, un agave y fleurit. Cet agave avait vingt-huit ans; il n'avait jamais été couvert. On a vu sur cette même côte des orangers en espalier, à peine abrités, porter des fruits.

CHAPITRE XXI

CLIMATS — DURÉES DES JOURS ET DES NUITS EN DIFFÉRENTS LIEUX ET A DIFFÉRENTES ÉPOQUES — ZONES TERRESTRES

Nous avons vu que l'unique cause de l'échauffement de la surface de la Terre est dans le calorique que le Soleil émet sur les différents points de notre globe. Plus

le Soleil envoie longtemps ses rayons bienfaisants dans une direction voisine de la verticale d'un lieu, plus la température de ce lieu est élevée. Nous avons démontré précédemment (liv. VII, chap. X, t. I, p. 280) que la durée des jours et par conséquent des nuits, dans toutes les régions de la Terre, dépend en chaque instant de la déclinaison du centre du Soleil et de la position du lieu considéré sur la surface de notre planète. A mesure que l'horizon de chaque lieu est de moins en moins incliné sur l'équateur terrestre, la longueur du jour ou de la nuit la plus grande de l'année augmente, et en même temps l'astre radieux atteint des hauteurs au-dessus de l'horizon de plus en plus éloignées du zénith. On entend par le mot *climat*, dont l'étymologie grecque signifie inclinaison, une zone de la sphère terrestre dont la largeur est telle, que l'un des deux parallèles à l'équateur qui la renferment a son plus grand jour plus long d'une heure que l'autre. Le plus grand jour correspond à la plus grande déclinaison solaire qui, en nombre rond, est de 23° 28′, et ce jour le plus grand de l'année est d'autant plus long, que la latitude est plus grande ou que la hauteur du pôle au-dessus d'un lieu est plus grande. Il résulte de là que tandis que sous l'équateur la durée du jour est constamment égale à celle de la nuit, il doit arriver une époque où, pour un lieu dont la latitude sera de 66° 32′, complément à 90° de 23° 28′, le Soleil ne se couchera pas ou bien décrira en 24 heures un cercle constamment au-dessus de l'horizon.

Pour tout point de l'hémisphère boréal, dont la latitude est plus grande que 66° 32′, l'année présente quatre

phases distinctes : vers l'équinoxe du printemps, le Soleil se lève et se couche chaque 24 heures, et la durée du jour semble d'abord augmenter jusqu'à devenir 24 heures, tandis que la durée de la nuit diminue depuis 24 heures jusqu'à zéro. Dans la seconde phase, vers le solstice d'été, le Soleil ne se couche pas et il n'y a pas de nuit. Dans la troisième phase, vers l'équinoxe d'automne, les jours, d'abord de 24 heures, diminuent jusqu'à devenir nuls, tandis que les nuits augmentent depuis zéro jusqu'à 24 heures. Enfin, dans la quatrième phase, qui correspond à l'époque voisine de l'équinoxe d'automne, le Soleil ne se lève pas, la nuit est permanente, il n'y a pas de jour. A mesure qu'on se rapproche du pôle boréal, les durées de la deuxième et de la quatrième phase augmentent. Au pôle même la première et la troisième phase étant devenues nulles, l'année se trouve divisée en deux parties pendant lesquelles le Soleil est toujours au-dessus ou au-dessous de l'horizon et décrit des cercles parallèles à ce plan, de telle sorte que les rayons qu'il envoie sont toujours émis obliquement et sont, par conséquent, à leur minimum d'échauffement.

Dans tout point dont la latitude, soit boréale soit australe, est plus grande que 66° 32′ il y a ainsi certaines époques de l'année pour lesquelles le Soleil est plusieurs jours sans se lever ou sans se coucher. Les deux cercles parallèles à l'équateur menés par 66° 32′ de latitude boréale ou australe et que l'on voit dans les figures 244 et 245 (t. III, p. 176 et 177) portent le nom de *cercles polaires*, et les deux calottes de la Terre qui ont ces cercles pour bases sont les *zones glaciales*. La zone qui

avoisine le pôle nord est dite la zone *arctique*, du mot ἄρκτος, l'Ourse, constellation qui se trouve placée près du pôle nord autour duquel le firmament semble tourner (le verbe grec πολέω signifiant *je tourne*). La zone qui avoisine le pôle sud est dite *antarctique*.

La partie de la Terre comprise entre les deux cercles polaires renferme tous les points pour lesquels le Soleil se lève ou se couche chaque jour de l'année. On la subdivise en trois zones. A partir de l'équinoxe du printemps, sur l'hémisphère nord, le Soleil qui, dans son mouvement apparent diurne, décrivait l'équateur et par conséquent s'approchait du zénith de chaque lieu d'une quantité égale à la latitude de ce lieu, tourne chaque jour suivant un petit cercle distant de l'équateur d'une quantité égale à sa déclinaison, et à midi sa distance zénithale sera la latitude du lieu moins la déclinaison solaire. Il arrivera donc évidemment que le Soleil passera un jour donné au zénith même d'un lieu considéré, si la latitude de ce lieu est au plus égale à la plus grande déclinaison boréale solaire, qui est de 23° 28′ au solstice d'été. On peut faire un raisonnement semblable pour l'autre hémisphère. Par conséquent, si l'on décrit sur le globe terrestre deux parallèles à l'équateur par les latitudes nord ou sud de 23° 28′, on aura deux cercles comprenant tous les lieux où l'on voit passer le Soleil au zénith à certaines époques de l'année. Les deux parallèles tracés sur les figures 244 et 245 sont appelés les *tropiques*, et la zone qu'ils enferment est dite *torride* ou *intertropicale*. Le tropique de l'hémisphère boréal est celui du *Cancer*; le tropique de l'hémisphère austral est celui du *Capricorne*. Ces dénomi-

nations proviennent de ce que le Soleil passe au zénith d'un point quelconque de ces deux cercles, lorsqu'il entre dans le signe du Cancer ou dans le signe du Capricorne, c'est-à-dire au solstice d'été ou au solstice d'hiver. Le mot tropique vient du verbe grec τρέπω, *je retourne*, parce que le Soleil après s'être avancé vers le nord ou vers le sud de l'équateur pour atteindre le zénith des points placés sur les deux cercles dont nous venons d'indiquer le tracé, retourne sur ses pas pour se rapprocher de l'équateur.

Dans tous les points de la zone torride le Soleil passe deux fois par an au zénith; pour les deux tropiques il n'y passe qu'une seule fois; pour les autres points de la Terre, il n'atteint jamais le zénith.

La zone terrestre comprise entre le tropique du Cancer et le cercle polaire arctique est la *zone tempérée boréale;* celle comprise entre le tropique du Capricorne et le cercle polaire antarctique est la *zone tempérée australe.*

Les deux zones glaciales forment les 0.082 de la surface de la Terre; les deux zones tempérées en représentent ensemble les 0.520; enfin la zone torride, composée des deux régions comprises entre les tropiques et l'équateur, est à la surface entière de notre planète comme 0.398 est à 1.

Les durées des plus grands jours et par conséquent aussi des plus longues nuits, sur les divers climats, sont données par le tableau suivant :

Latitudes marquant les limites des climats.		Durées des plus longs jours dans chaque climat.	
0°	0′	12	heures
16	44	13	—
30	48	14	—
41	24	15	—
49	2	16	—
54	31	17	—
58	27	18	—
61	19	19	—
63	23	20	—
64	50	21	—
65	48	22	—
66	21	23	—
66	32	24	—
67	23	1	mois
69	31	2	—
73	40	3	—
78	11	4	—
84	5	5	—
90	0	6	—

Voici maintenant la durée des jours les plus longs et des jours les plus courts sous les diverses latitudes depuis l'équateur terrestre jusqu'aux cercles polaires des deux hémisphères :

Latitudes.	Durée du jour le plus long.		Durée du jour le plus court.	
0°	12h	0m	12h	0m
5	12	17	11	43
10	12	35	11	25
15	12	53	11	7
20	13	13	10	47
25	13	34	10	26
30	13	56	10	4
35	14	22	9	38
40	14	51	9	9
45	15	26	8	34
50	16	9	7	51

Latitudes.	Durée du jour le plus long.	Durée du jour le plus court.
55°	17h 7m	6h 53m
60	18 30	5 30
65	21 9	2 51
66° 32′	24 0	0 0

Dans les deux hémisphères, au delà des cercles polaires, la durée du jour varie de 0 à 24 heures dans la portion de l'année pendant laquelle le Soleil se lève ou se couche. Le nombre de jours pendant lequel l'astre radieux reste constamment au-dessus ou constamment au-dessous de l'horizon sous les diverses latitudes depuis 66° 32′ jusqu'à 90° est donné par le tableau suivant dans lequel il est rappelé que les phénomènes sont inverses dans les deux zones glaciales :

Latitudes boréales ou australes.	Le Soleil ne se couche pas dans l'hémisphère boréal, ne se lève pas dans l'hémisphère austral pendant environ :	Le Soleil ne se lève pas dans l'hémisphère austral, ne se couche pas dans l'hémisphère boréal pendant environ :
66° 32′	1j	1j
70°	65	60
75	103	97
80	134	127
85	161	153
90	186	179

Nous devons remarquer ici que dans toute cette théorie des climats, nous avons supposé que le Soleil était réduit à son centre; nous avons en outre négligé les phénomènes de l'aurore et du crépuscule produits par la réfraction de la lumière et de la chaleur à travers l'atmosphère terrestre. Comme le diamètre de l'astre radieux est de 32′, il faudrait reculer de 16′ la latitude où le Soleil disparaîtrait tout entier. La réfraction élevant le

Soleil de plus de 33′ à l'horizon, il faudrait encore éloigner de cette quantité les cercles polaires absolus. Enfin la nuit n'est entière que lorsque le Soleil est abaissé de 18° au-dessous de l'horizon (liv. XX, chap. XIV, t. III, p. 187); il y aurait donc encore à tenir compte de cette circonstance, d'où il résulte que vers les pôles le jour absolu ne cesse que rarement et que la nuit complète est presque inconnue de l'observateur.

Les saisons sont inverses dans les deux hémisphères, comme nous l'avons dit; elles ne sont pas d'ailleurs autre chose que les intervalles de temps que la Terre emploie à parcourir les quatre parties de son orbite comprises entre les équinoxes et les solstices. A cause de l'excentricité de l'orbite terrestre, et en vertu de la loi des aires (liv. XVI, chap. VI, t. II, p. 220), les durées des saisons sont inégales; elles sont représentées par les nombres suivants qui montrent comment il se fait, ainsi que nous l'avons dit (chap. XVI, p. 575), que le Soleil reste chaque année environ huit jours de plus dans l'hémisphère boréal que dans l'hémisphère austral :

Automne...............................	89j	18h	35m
Hiver.....................................	89	0	2
Séjour du Soleil dans l'hémisphère austral.	178	18	37
Printemps..............................	92j	20h	59m
Été..	93	14	13
Séjour du Soleil dans l'hémisphère boréal..	186	11	12

L'influence de l'inégalité de la durée des jours et de la variation de la distance du Soleil au zénith est rendue manifeste par le tableau suivant dans lequel sont com-

parées les températures de Paris avec celles de Paramaribo, lieu situé non loin de Cayenne sur les côtes de la Guyane et dans le voisinage de l'équateur :

Saisons.	Paris (latitude N. 48° 50').			Paramaribo (latitude N. 5° 45').		
	Durée moyenne du jour.	Distance moyenne du Soleil au zénith.	Température moyenne de la saison.	Durée moyenne du jour.	Distance moyenne du Soleil au zénith.	Température moyenne de la saison.
Hiver.....	9h 45m	63° 15'	3°.2	12h	20° 15'	25°.9
Printemps.	14 30	33 45	10 .3	12	9 15	25 .3
Été.......	14 30	33 45	18 .3	12	9 15	26 .9
Automne..	9 45	63 15	11 .1	12	20 15	28 .2
Tempér. moyenne de l'année.			10°.7			26°.5

Dans les climats tempérés, la Terre perd en automne la chaleur qu'elle a gagnée en été et elle atteint son maximum de froid en hiver. Sous la zone torride les températures moyennes des saisons sont peu différentes entre elles, comme on le voit; le maximum est atteint en automne, le minimum au printemps.

CHAPITRE XXII

LIGNES ISOTHERMES — NÉCESSITÉ DE TENIR COMPTE DANS LE TRACÉ DE CES LIGNES DE LA HAUTEUR DES STATIONS OÙ LES OBSERVATIONS ONT ÉTÉ FAITES — LIMITE INFÉRIEURE DES NEIGES PERPÉTUELLES

Les résultats que nous avons rapportés dans les chapitres précédents sur les différences que présentent les températures de lieux ayant la même latitude sont connus depuis longtemps; on les trouve exprimés jusqu'au 10e degré, en ce qui concerne l'Amérique, dans un Mémoire d'Holyoke, imprimé en 1793, dans les Mé-

moires de l'Académie américaine; mais ils ne sont devenus populaires que depuis le moment où mon illustre ami M. de Humboldt a eu la pensée de les représenter graphiquement après les avoir perfectionnés par ses propres recherches. Chacun sait aujourd'hui que si l'on joint par des lignes sur une carte géographique les lieux qui jouissent des mêmes températures moyennes, ces lignes, que M. de Humboldt a justement appelées des *courbes isothermes*, seront très-loin d'être parallèles à l'équateur, ou de correspondre dans tous leurs points à des latitudes égales, particulièrement dans nos climats. On verra que la ligne isotherme de 10°, par exemple, qui, près de la côte occidentale d'Europe, passe par 52° de latitude (fig. 349), s'abaisse à la côte occidentale d'Amérique jusqu'à la latitude de 44° et à la côte orientale jusqu'à celle de 40° (fig. 350), et qu'elle coupe la côte orientale de l'ancien continent par 43° (fig. 349). Toutes les lignes isothermes ainsi tracées par M. de Humboldt ont leur sommet convexe vers la côte occidentale d'Europe, et s'abaissent des deux côtés de ces sommets à mesure qu'on s'approche de l'Amérique et de l'Asie.

A la simple inspection des figures 349, 350, 351 et 352 qui représentent les lignes isothermes, on voit qu'entre les tropiques elles ne s'éloignent pas beaucoup des parallèles de la sphère, mais qu'elles en diffèrent d'autant plus sur l'hémisphère boréal qu'elles correspondent à des températures moyennes plus basses.

Je dois prévenir qu'en traçant des lignes isothermes, il faut ne comparer entre elles que des observations thermométriques faites dans tous les climats à peu de hau-

teur au-dessus du niveau de la mer, car à mesure qu'on monte dans l'atmosphère, soit dans des aérostats, soit sur la croupe des montagnes, la température va rapidement en diminuant avec la hauteur.



Fig. 349. — Lignes isothermes de l'Ancien Monde, d'après la projection de M. Arago.

Disons quelques mots des causes de ces diminutions de température, sur lesquelles on n'a pas toujours eu des idées très-justes.

Les voyageurs remarquèrent de bonne heure que la rigueur des hivers augmentait rapidement à mesure que, sur un même parallèle, on s'avançait de l'Europe occidentale vers l'est. Ce phénomène, on l'expliquait ainsi :



Fig. 350. — Lignes isothermes du Nouveau Monde, d'après la projection de M. Arago.

le sol va graduellement en s'exhaussant de l'ouest à l'est ; Moscou, Kazan, etc., sont déjà sur de vastes plateaux très-élevés ; les températures de ces villes ne sauraient

donc être légitimement assimilées à celles de lieux semblablement placés en latitude, dès que ces lieux de comparaison se trouvent beaucoup plus rapprochés du niveau des mers.

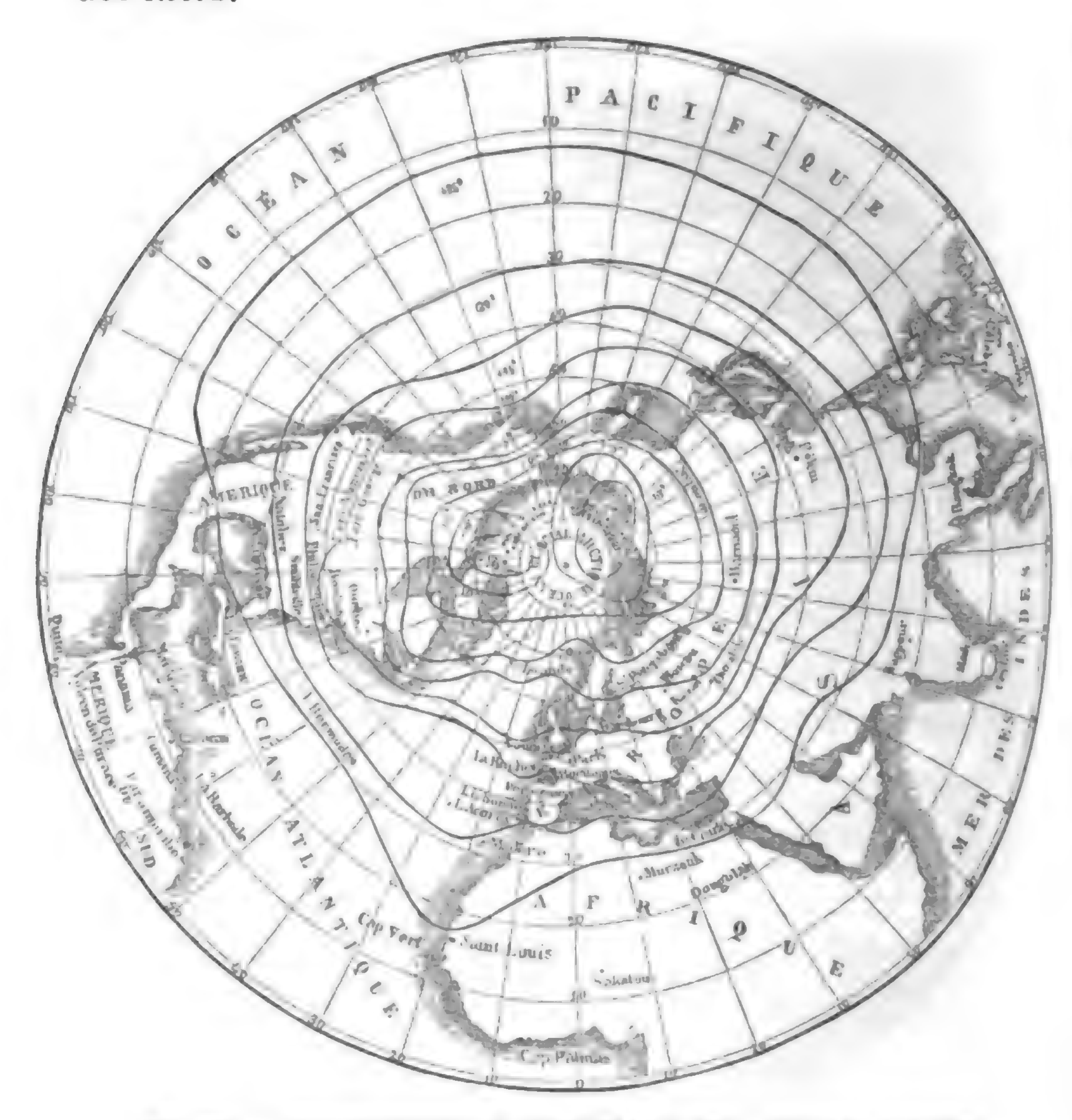


Fig. 351. — Lignes isothermes de l'hémisphère boréal, d'après la projection stéréographique.

Les observations de l'abbé Chappe abaissèrent, pour la première fois, les prétendus plateaux asiatiques dans lesquels les météorologistes se complaisaient à trouver la cause des froids excessifs de la Russie, de la Sibérie, etc. Mairan imagina alors que ces froids anormaux « étaient

dus à un terrain profondément très-dense ou composé de bancs de roche... moins perméables aux émanations » du feu central. (*Académie des Sciences*, 1765, p. 256.) Une théorie qui faisait dépendre les communications thermi-



Fig. 352. — Lignes isothermes de l'hémisphère austral, d'après la projection stéréographique.

ques de la densité des roches, qui faisait circuler la chaleur par des fissures, comme les vapeurs dans les fumeroles, ne mérite pas aujourd'hui d'être discutée. Voyons quelle est la véritable explication de l'abaissement de

température observé à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau moyen de la mer.

Les rayons lumineux partant du Soleil et par conséquent, suivant toute probabilité, les rayons calorifiques qui les accompagnent, éprouvent un affaiblissement considérable en traversant l'atmosphère ; si cet affaiblissement provenait exclusivement de la réflexion de la lumière sur les molécules aériennes ou sur les vapeurs, il n'amènerait aucune augmentation de température dans les diverses régions de l'atmosphère ; les rayons solaires réfléchis iraient seulement se perdre dans l'espace sans avoir produit aucun effet échauffant. Il en sera tout autrement du cas où le même affaiblissement s'opérerait en partie par voie d'absorption. Plus l'absorption serait grande, plus l'augmentation de température dépendante de cette cause aurait d'intensité. Or, l'air est beaucoup plus diaphane à une grande hauteur que près de notre globe. Les couches atmosphériques voisines de terre devraient donc, par la seule cause que nous discutons maintenant, être plus chaudes que les couches très-élevées. Une autre raison plus certaine et plus influente de la diminution de température avec la hauteur a été indiquée dans les considérations générales placées en tête de ce livre (chap. x, p. 553) : les couches atmosphériques échauffées à leurs surfaces de contact avec le sol tendent à monter, mais, en s'élevant, elles se dilatent ; or, l'air ne peut se constituer dans ce nouvel état de dilatation, sans emprunter tout ce qui lui est nécessaire à la chaleur des corps qu'il va toucher dans son mouvement ascensionnel ou à sa propre chaleur sensible accusée par

le thermomètre. La couche partie chaude au commencement de son mouvement ascendant, devient ainsi de plus en plus froide à mesure qu'elle arrive dans des régions élevées. Il est vrai que pendant le mouvement descendant d'une couche supérieure atmosphérique refroidie, les phénomènes inverses devraient avoir lieu. Mais est-il certain que le mouvement descendant s'opère comme le mouvement ascensionnel ayant pour origine l'augmentation considérable de température que reçoivent les couches atmosphériques par leur contact avec le sol très-échauffé? Il est permis d'en douter.

Voyons maintenant ce qui doit arriver sur les plateaux situés à une grande hauteur au-dessus du niveau général du sol. Leur surface est souvent parcourue par des vents horizontaux, provenant des régions libres de l'atmosphère situées à la même hauteur, et par conséquent très-froids. Quant aux vents inférieurs, ils sont très-rapides; ils peuvent, en vertu de la vitesse acquise, monter presque au niveau des plateaux le long des pentes inclinées qui rattachent ces plateaux à la plaine; dès lors ils y arrivent très-refroidis, à cause de leur mouvement ascensionnel accompagné d'une diminution de densité.

Par ces causes, les plateaux doivent avoir une température inférieure à celle des plaines situées dans les mêmes climats, mais peu élevées au-dessus du niveau de la mer. On voit ainsi pourquoi les températures des plateaux ne doivent pas être employées, du moins sans modifications, dans le tracé des lignes isothermes.

L'observation montre que sous la zone torride et dans la zone tempérée de l'hémisphère boréal la correction

due à l'élévation des lieux au-dessus du niveau de la mer n'a pas la même valeur.

Sous la zone torride, on a obtenu les chiffres suivants :

Localités.	Latitudes.	Hauteurs au-dessus du niveau de la mer.	Températures moyennes annuelles.
Cumana............	10° 28′ N.	0m	27°.1
Caracas............	10 31	930	21 .9
Popayan...........	2 26	1,809	17 .5
Quito..............	0 14 S.	2,918	15 .2
Métairie d'Antisana..	0 14	4,072	3 .4
Glacier d'Antisana...	0 14	5,460	— 1 .7

Un degré de diminution dans la température correspond à 194 mètres d'élévation.

Sous la zone tempérée les résultats sont les suivants :

Localités.	Latitudes.	Hauteurs au-dessus du niveau moyen de la mer.	Températures moyennes annuelles.
Bordeaux..........	44° 50′ N.	0m	13°.1
Genève............	46 12	375	9 .0
Saint-Gothard......	46 33	2,075	— 0 .8
Saint-Bernard......	44 50	2,491	— 1 .3

Un degré de diminution dans la température correspond à 173 mètres d'élévation.

A une certaine hauteur au-dessus du niveau moyen de la mer il règne une température qui ne s'élève jamais sensiblement et pour un temps assez long au-dessus de zéro; là les neiges cessent de fondre; au-dessous elles disparaissent quelquefois pendant l'été; au-dessus elles existent toujours; les lieux dont je veux parler forment *la limite des neiges perpétuelles*. Voici cette limite dans les différents climats d'après les observations de mes amis MM. Boussingault, de Humboldt et Pentland :

Noms des montagnes	Latitudes.	Hauteurs en mètres.	
Andes de Quito........	1° 30′ S.	4,820	Limite des neiges perpétuelles dans l'hémisphère austral.
Andes du Chili.........	33 0	4,483	
Andes de la Patagonie..	42 30	1,832	
Andes Magellaniques...	53 30	1,130	
Volcan de Purace......	2° 15′ N.	4,700	Limite des neiges perpétuelles dans l'hémisphère boréal.
Cordillère du Mexique..	17 30	4,500	
Himalaya..............	30 0	5,067	
Pyrénées..............	42 30	2,728	
Alpes.................	46 0	2,700	
Unalaschka............	53 40	1,070	
Islande...............	65 0	936	

A Paris, les observations faites en aérostat ont donné les résultats suivants :

Dans le voyage de Gay-Lussac du 16 septembre 1804, le thermomètre marquait à terre 27°.5 et à 7,016 mètres — 9°.5; différence 37°.0;

Dans le voyage de MM. Barral et Bixio du 27 juillet 1850, la température était à terre de 17°.6 et à 7,049 mètres de hauteur de — 39°.7; différence 57°.3.

La végétation remonte sous les divers climats non loin des hauteurs où commencent à régner les neiges perpétuelles. Au Chimborazo, à 4,800 mètres de hauteur, là où la température moyenne est encore de 1°.5, M. Boussingault a vu des saxifrages qui adhéraient aux rochers. En Europe, sur les hautes cimes des Alpes suisses, c'est à peine si quelques rares lichens colorent les roches dépouillées de neige à une hauteur de 2,700 mètres.

M. Pentland a reconnu que la limite inférieure des neiges perpétuelles sur les flancs de la Cordillère orientale du Haut-Pérou, est très-rarement au-dessous de 5,200 mètres, tandis que dans les Andes de Quito,

quoique beaucoup plus voisines de l'équateur, cette limite est seulement à 4,800 mètres, comme l'indique le tableau précédent.

En traversant le passage des Altos de Tolède, dans le mois d'octobre, M. Pentland trouva que sur l'Inchocajo, qui appartient à la Cordillère occidentale, la limite inférieure des neiges était de 400 mètres au-dessus du passage ou de 5,130 mètres au-dessus de la mer.

Déjà le revers septentrional de l'Himalaya avait présenté une semblable anomalie, et par une cause toute pareille : je veux parler de l'influence que les grands plateaux doivent nécessairement exercer sur la loi du décroissement de la chaleur dans l'atmosphère. Il est évident que si cette loi avait été trouvée pour une atmosphère libre, à l'aide de voyages aérostatiques, les nombres qu'elle fournirait feraient connaître à peu près la température des diverses zones d'une montagne, quand cette montagne, isolée, s'élancerait rapidement dans les airs en s'appuyant sur une base peu étendue et située au niveau de la mer. Il n'en serait plus de même, à beaucoup près, si la montagne était assise sur un large plateau déjà élevé à parité de hauteur ; la température se trouverait alors sensiblement plus grande que dans le premier cas. C'est aussi par l'influence du plateau sur lequel les deux Cordillères du Pérou reposent, qu'on expliquera comment la vie organique s'y conserve si haut. Dans les Andes du Mexique, entre le 18e et le 19e degré de latitude nord, toute végétation disparaît à la hauteur de 4,290 mètres, tandis qu'au Pérou, sur le prolongement de la même chaîne, non-seulement il existe

une nombreuse population agricole à des hauteurs supérieures, mais on y trouve encore des villages et de grandes cités. Aujourd'hui, un tiers de la population des contrées montueuses du Pérou et de Bolivia habite des régions situées fort au-dessus de celles où toute végétation a cessé à parité de latitude dans l'hémisphère nord.

CHAPITRE XXIII

LES TRAVAUX DES HOMMES PEUVENT-ILS MODIFIER LE CLIMAT D'UN LIEU DONNÉ?

Il est certain que la neige se conserve plus longtemps dans l'intérieur des forêts; il est facile de trouver la raison de ce fait : dans le voisinage des forêts, les couches d'air échauffées ne peuvent parvenir aussi vite jusqu'à la couche neigeuse, et le rayonnement du Soleil ne peut la faire fondre rapidement; la température hivernale doit donc se prolonger plus qu'en rase campagne. Lorsque les hommes abattent les forêts, ils modifient donc jusqu'à un certain point le climat des contrées environnantes. Mais ce qui caractérise surtout l'absence des grandes plantations d'arbres, c'est la propagation des vents. Les forêts agissaient comme abri, leur destruction ouvre une libre carrière aux actions thermiques des vents chauds et des vents froids qui viennent alors modifier la température des régions voisines des lieux où elles existaient.

CHAPITRE XXIV

LES CLIMATS ONT-ILS ÉTÉ INTERVERTIS PAR DES BOULEVERSEMENTS RÉCENTS?

Toutes les régions de l'Europe renferment, soit dans les cavernes de leurs montagnes, soit à des profondeurs médiocres dans certaines natures de terrains, des ossements appartenant à des espèces d'animaux tels que des rhinocéros, des éléphants, etc., qui, aujourd'hui, ne pourraient pas supporter le froid de nos climats. Il faut donc supposer ou que l'Europe, dans la suite des siècles, s'est considérablement refroidie, ou que pendant l'un des violents cataclysmes dont notre planète a été le théâtre, des courants, dirigés du midi au nord, ont entraîné avec eux les restes d'un grand nombre d'espèces d'animaux actuellement détruites.

Deux événements remarquables sont venus montrer que cette dernière explication avait besoin d'être modifiée pour devenir suffisante. L'un est la découverte faite en Sibérie dans l'année 1771, sur les bords sablonneux du Wilhoui, à quelques mètres de profondeur, d'un rhinocéros si parfaitement conservé, qu'il était encore couvert de ses chairs et de sa peau; l'autre, la découverte postérieure et plus curieuse encore, faite en 1799, sur les bords de la mer Glaciale, près de l'embouchure du Léna, d'un énorme éléphant, renfermé dans un massif de boue gelée, et dont les chairs étaient si peu altérées, que les Iakoutes du voisinage le dépecèrent pour en nourrir leurs chiens. Ici toute idée de courant, de transport, de long

trajet du midi au nord, ne serait plus admissible ; car si les deux grands animaux dont je viens de parler n'avaient pas été gelés aussitôt que tués, la putréfaction eût décomposé leurs chairs. Ainsi, on est conduit à penser, d'une part, que la Sibérie dut être jadis un pays chaud, puisque les éléphants et les rhinocéros y vivaient ; de l'autre, que la catastrophe qui fit périr ces animaux, rendit subitement cette région du globe glaciale.

Dans l'état actuel de nos connaissances, on n'aperçoit au premier abord qu'une seule cause qui puisse altérer presque subitement, et d'une manière bien tranchée, le caractère thermométrique d'un climat : c'est un changement subit de latitude. Toute autre circonstance semble ne devoir engendrer que des modifications insignifiantes.

Si d'épais frimas couvrent le Spitzberg pendant six mois, c'est seulement parce qu'il est situé fort près d'un des pôles de rotation. Faites que le pôle se déplace à la surface du globe de 90°, cet archipel se trouvera à l'équateur, et ses vallées arides, fécondées alors par la chaleur solaire, se pareront de la plus riche végétation. Imaginons que l'axe de rotation de la Terre vienne percer la surface en quelque point du Pérou ou du Brésil, sans que l'inclinaison de l'équateur à l'écliptique ait changé, et des montagnes de glace flotteront bientôt dans les ports du Callao et de Rio de Janéiro. Les milliers de plantes, qui aujourd'hui font la richesse et l'ornement de ces contrées, périront sous d'épaisses couches de neige et seront remplacées par quelques lichens. Je crois qu'on peut admettre, sans hésiter, que si telle ou telle autre région des tropiques devenait tout à coup le pôle ter-

restre, il y gèlerait à la surface en moins de vingt-quatre heures.

Le problème que l'éléphant de Sibérie a soulevé revient donc, en définitive, à rechercher si l'axe de rotation du globe peut avoir changé subitement de direction.

Un pareil changement, en tant surtout qu'il devrait être subit, ne pourrait pas résulter des forces dont notre globe éprouve journellement les effets; mais si la Terre venait à être choquée avec violence par quelque gros corps étranger, un déplacement sensible de l'axe autour duquel elle tourne en serait la conséquence presque nécessaire. Je dis presque, parce qu'il y a des directions dans lesquelles le choc, quelque intense qu'il fût d'ailleurs, laisserait véritablement l'axe dans sa position primitive.

Les comètes sont évidemment les seuls corps qui jamais aient pu venir choquer la Terre. L'éléphant du Léna, le rhinocéros du Wilhoui semblaient donc prouver, malgré tout ce qu'on peut trouver d'étrange dans ce rapprochement, que, dans la suite des siècles, une semblable rencontre avait eu lieu. Cette preuve même devait paraître sans réplique à ceux qui regardaient comme bien établi que les éléphants n'ont pas pu vivre sous le climat actuel de la Sibérie; mais quelques doutes semblent permis à ce sujet : le lecteur va en juger.

Sous le rapport de la forme et des dimensions, l'éléphant de la mer Glaciale avait la plus grande analogie avec ceux de ces animaux qui habitent aujourd'hui l'Afrique et l'Asie. Les défenses étaient longues de plus

de 3 mètres. Sa tête pesait plus de 200 kilog., etc., etc.; mais la peau se faisait remarquer par une circonstance toute particulière et très-digne d'attention : elle était couverte de crins noirs et d'un poil ou laine rougeâtre. Les ours blancs, en dévorant les chairs, avaient enfoncé avec leurs pieds, dans le sol humide, plus de 15 kilogrammes pesant de poils et de crins, qui furent retirés par M. Adams. Le cou était garni d'une longue crinière.

Cette double fourrure des éléphants polaires, les poils roides de 7 à 8 centimètres de long qui couvraient la peau du rhinocéros du Wilhoui, étaient trop bien adaptés à la rigueur du climat sibérien, pour qu'au moins il soit permis de mettre en question si ces animaux n'auraient pas pu résister à de basses températures, que, dépourvus des mêmes fourrures, leurs analogues vivants ne pourraient pas endurer. Au reste, mon illustre ami, M. de Humboldt, a recueilli dans son voyage en Asie, un fait extrêmement important, qui se rattache directement à notre sujet et semble destiné à l'éclairer d'une nouvelle lumière. Il a constaté que le tigre royal des Grandes-Indes, qu'on est accoutumé à appeler un animal de la zone torride, vit encore aujourd'hui en Asie à de très-hautes latitudes; qu'en été, par exemple, il fait des excursions jusqu'à la pente occidentale de l'Altaï, près de Barnaoul, où l'on en a tué plusieurs d'une taille énorme. Tout porte donc à croire que des éléphants à poils épais ont pu, jadis, se transporter, durant l'été, jusqu'en Sibérie. Or, là, il a dû suffire d'un accident bien ordinaire, même d'un simple éboulement, pour que leurs cadavres aient trouvé dans le sol des couches congelées

capables d'empêcher toute putréfaction. Il résulte, en effet, des observations de M. de Humboldt, que, dans les steppes situées au delà du 62e degré de latitude, la Terre, à la profondeur de 4 à 5 mètres, reste éternellement gelée.

Ainsi, il est constaté qu'on pourrait rendre compte de la présence des éléphants fossiles en Sibérie, sans admettre que cette contrée ait éprouvé un changement subit de climat. Si malgré cela on persistait à croire qu'un tel changement a eu lieu par l'effet d'un choc de comète, je rappellerais qu'il a été établi précédemment (liv. XX, chap. XXV, t. III, p. 349) que, à raison de la grande protubérance liquide équatoriale, il est impossible de supposer que la Sibérie ait jamais été voisine des régions équinoxiales, sans admettre en même temps que ses plaines, que toutes ses montagnes se trouvaient au fond de la mer, sous une nappe liquide de plus de 5 lieues d'épaisseur. Plus de place, conséquemment, sous ces latitudes, ni pour les éléphants, ni pour les rhinocéros. Avant le choc de la comète, la mer sibérienne aurait été plus chaude qu'aujourd'hui ; mais, avec cela, la solution du problème, loin de s'être simplifiée, serait devenue plus difficile.

M. Élie de Beaumont a trouvé le secret de dire encore quelque chose de neuf sur cette question des éléphants de Sibérie, que tout le monde croyait épuisée. Voici comment ce célèbre géologue résoudrait le problème :

La distance du Thian-Chan à l'embouchure du fleuve Lena est de 800 à 900 lieues. A raison de 100 lieues par

24 heures, un courant d'eau la parcourrait en 8 jours. Supposons que le Thian-Chan se soit soulevé en hiver, dans un pays dont les vallées nourrissaient des éléphants, et où il existait des montagnes couvertes de neige. Les vapeurs chaudes sorties du sein de la terre au moment de la convulsion, auront fondu en partie cette neige et produit une grande masse d'eau à la température de 0°. L'eau se sera précipitée vers la mer avec le reste des glaces et des neiges non encore fondues, entraînant avec elle les corps des animaux qu'elle aura rencontrés dans les vallées. Or, en huit jours, des cadavres flottant dans de l'eau à 0° n'auront pu se putréfier que très-légèrement. Une fois arrivés, le climat sibérien d'aujourd'hui suffit pour expliquer leur conservation.

CHAPITRE XXV

LES COMÈTES PEUVENT-ELLES MODIFIER SENSIBLEMENT LE COURS DES SAISONS?

Le titre qu'on vient de lire a déjà sans doute rappelé la belle comète de 1811, la température élevée de cette année, la récolte abondante qui en fut la suite et surtout les excellentes qualités du *vin de la Comète*. Je n'ignore donc pas que j'aurai bien des préventions à combattre pour établir que ni la comète de 1811, ni aucune autre comète connue, n'ont jamais occasionné sur notre globe le plus petit changement dans la marche des saisons[1].

1. Le passage suivant, tiré d'un recueil périodique anglais estimé, *the Gentleman's Magazine* pour 1818, montrera de quels absurdes préjugés les hommes seraient bientôt le jouet si le flam-

Cette opinion, au demeurant, se fonde sur un examen scrupuleux, sur une discussion attentive de tous les éléments du problème, tandis que le sentiment contraire, quelque répandu qu'il soit, est le fruit d'aperçus vagues et sans consistance réelle. Je commencerai par discuter les faits, les considérations théoriques viendront après. Les comètes, dit-on, échauffent notre globe par leur présence. Eh bien, rien n'est plus facile à vérifier : ne consulte-t-on pas en effet le thermomètre dans tous les observatoires de l'Europe plusieurs fois par jour? N'y tient-on pas une note exacte de toutes les comètes qui se montrent? Voyons donc si pour Paris les températures moyennes des années fécondes en comètes surpassent régulièrement les températures moyennes des années, en moindre nombre, durant lesquelles aucun de ces astres ne s'est approché de la Terre.

Dans le tableau suivant on a classé les comètes en regardant chacune d'elles comme appartenant à l'année dans laquelle tombe son passage au périhélie.

Les observations de température entre les années 1735 et 1740 ont été faites à Paris par Réaumur.

beau des sciences venait à s'éteindre : « Par l'influence de la comète de 1811, dit ce recueil, on eut un hiver doux, un printemps humide, un été froid. Le Soleil se montra trop peu pour pouvoir mûrir les produits de la terre. Cependant la moisson donna assez de grains, et quelques espèces de fruits, tels que les melons, les figues, furent non-seulement abondantes, mais d'un goût délicieux. On vit très-peu de guêpes; les mouches devinrent aveugles et disparurent de bonne heure..... et, ce qui est très-remarquable, dans la métropole et ses environs, il naquit beaucoup de jumeaux. La femme d'un cordonnier de Whitechapel eut même quatre enfants d'une seule couche ! etc. »

Celles de 1763 à 1785 appartiennent à Messier.

Les résultats partiels dont on a déduit les moyennes annuelles correspondent à des heures de la journée contre le choix desquelles on pourrait faire une critique fondée; mais, quant à la question présente, elles seraient sans importance. En tout cas, je n'avais pas le choix.

Les observations de 1787 à 1802 inclusivement ont été empruntées aux *Transactions philosophiques* de Londres. Dans cet intervalle les registres météorologiques de Paris présentaient des lacunes multipliées qui ne permettaient pas d'en tirer parti. Depuis 1802 jusqu'à 1853 les observations faites à Paris sont devenues régulières et elles présentent toute l'exactitude désirable.

Années.	Températures moyennes.	Nombre de comètes observées.	Remarques sur les comètes.
1735	11°.2	0	
1736	10 .9	0	
1737	10 .7	2	L'une, visible à l'œil nu, avait un noyau presque aussi brillant qu'une étoile de 2e grandeur et une queue de 2 à 3°.
1738	10 .6	0	
1739	10 .0	1	La comète de cette année est une de celles qui peuvent beaucoup approcher de l'orbite de la Terre.
1740	7 .3	0	
1741 à 1762	»	14	Dans cet intervalle, il n'a pas été fait d'observations météorologiques suivies d'où il soit possible de conclure les températures moyennes annuelles. Sur les 14 comètes observées, on a vu, en 1759, la comète de Halley et 3 autres comètes visibles à l'œil nu, savoir : 1 en 1744, 2 en 1748.

Années.	Températures moyennes.	Nombre de comètes observées.	Remarques sur les comètes.
1763	10°.3	1	Petite, invisible à la simple vue; elle a passé très-près de la Terre.
1764	12 .2	1	Très-brillante le 3 janvier; noyau d'une vivacité peu ordinaire; nébulosité de 14′ de diamètre.
1765	10 .0	0	
1766	8 .7	2	L'une des deux, visible à la simple vue, était très-brillante
1767	8 .7	0	
1768	10 .1	0	
1769	11 .2	1	Très-brillante Le noyau a sous-tendu jusqu'à 4′, et la queue 97°.
1770	11 .6	2	L'une, visible à l'œil nu, avait, le 10 janvier 1771, une nébulosité de 18′ et un noyau de 49″. L'autre (celle de Lexell) est de toutes les comètes celle qui a le plus approché de la Terre. Messier lui trouva le 2 juillet, une nébulosité de 2° 23′ de diamètre. Le noyau était brillant, mais mal terminé.
1771	9 .0	1	Visible à l'œil nu.
1772	11 .2	1	La comète périodique de 6 ans 3/4.
1773	13 .1	1	On crut l'apercevoir à la simple vue.
1774	13 .1	1	A peine visible à la simple vue.
1775	13 .1	0	
1776	10 .7	0	
1777	11 .1	0	
1778	11 .6	0	
1779	12 .4	1	Invisible à la simple vue.
1780	11 .6	2	Toutes les deux fort petites et invisibles à l'œil nu.
1781	14 .2	2	Petites. L'une des deux cependant était visible à la simple vue.

Années.	Températures moyennes.	Nombre de comètes observées.	Remarques sur les comètes.
1782	10°.6	0	
1783	13 .0	1	Très-petite; invisible à la simple vue.
1784	10 .4	1	Visible à l'œil nu.
1785	10 .5	2	Aucune des deux n'a été visible sans le secours de lunettes.
1786	»	2	L'une était la comète à courte période.
1787	10 .5	1	
1788	10 .3	2	L'une des deux ne se voyait pas à l'œil nu.
1789	9 .7	0	
1790	10 .5	3	Deux très-faibles. La troisième s'apercevait à la simple vue, mais assez difficilement.
1791	10 .4	0	
1792	10 .2	2	L'une ne s'apercevait pas à la simple vue,
1793	10 .4	2	L'une faible, mais cependant visible à l'œil nu.
1794	10 .7	0	
1795	9 .8	1	La comète à courte période.
1796	10 .0	1	
1797	9 .6	1	
1798	10 .5	2	
1799	8 .8	2	L'une des deux très-grande.
1800	10 .2	0	
1801	10 .7	1	
1802	10 .0	1	
1803	10 .6	0	
1804	11 .1	1	
1805	9 .7	2	L'une était la comète à courte période; l'autre la comète de 6 ans 3/4.
1806	12 .1	1	
1807	10 .8	1	Remarquable par l'intensité de la lumière, par l'étendue du noyau et par la longueur de la queue.

Années.	Températures moyennes.	Nombre de comètes observées.	Remarques sur les comètes.
1808	10°.4	4	Petites. Deux seulement ont été calculées.
1809	10 .6	0	
1810	10 .6	1	
1811	12°.0	2	L'une des plus brillantes comètes qui se soient montrées dans le XIXe siècle.
1812	9 .9	1	La comète de 1811 a été revue dans le mois de juillet 1812.
1813	10 .2	2	
1814	9 .8	0	
1815	10 .5	1	La comète à courte période ne fut pas observée. Ainsi, 1815 devrait en compter 2.
1816	9 .4	1	
1817	10 .4	0	
1818	11 .4	2	
1819	11 .1	3	L'une des trois était très-belle, avait un large noyau et traînait une longue queue. Une autre était la comète à courte période.
1820	9 .8	0	
1821	11 .1	1	
1822	12 .1	4	L'une était la comète à courte période.
1823	10 .4	1	Brillante.
1824	11 .2	2	
1825	11 .7	4	L'une était la comète à courte période.
1826	11 .4	5	L'une était la petite comète périodique de 6 ans 3/4.
1827	10 .8	3	
1828	11 .5	0	
1829	9 .1	1	Comète à courte période.
1830	10 .1	2	Visible à l'œil nu.
1831	11 .7	0	
1832	10 .8	3	L'une des trois était la comète à courte période; une autre la comète de 6 ans 3/4.
1833	10 .9	1	
1834	12 .3	1	

Années.	Températures moyennes.	Nombre de comètes observées.	Remarques sur les comètes.
1835	10°.7	3	L'une était la comète de Halley; l'autre la comète à courte période.
1836	10 .7	0	
1837	10 .0	0	
1838	9 .2	1	Comète à courte période.
1839	10 .9	0	La comète de 6 ans 3/4 ne fut pas aperçue; cette année devrait en compter 1.
1840	10 .3	4	
1841	11 .2	0	
1842	11 .0	2	L'une des deux était la comète à courte période.
1843	11 .3	3	L'une des trois était la comète de 7 ans 1/2; une autre, la grande comète ayant une queue de 43° de long, est une de celles qui ont le plus approché de la Terre, et elle était visible en plein jour.
1844	10 .2	3	
1845	9 .7	4	L'une des quatre était la comète à courte période; une autre ayant une queue de 2° 1/2 de long était visible à l'œil nu.
1846	11 .7	8	L'une des huit était la comète de 6 ans 3/4.
1847	10 .8	6	L'une des six était visible à l'œil nu.
1848	11 .4	2	L'une était la comète à courte période.
1849	11 .3	3	
1850	10 .6	2	L'une des deux était visible à l'œil nu.
1851	10 .5	4	L'une des quatre était la comète de 7 ans 1/2.
1852	11 .7	4	L'une des trois était la comète à courte période; l'autre, la comète de 6 ans 3/4.
1853	10 .11	2	L'une était visible à l'œil nu.

Le lecteur a maintenant les pièces du procès sous les yeux. En ne considérant d'abord les résultats qu'isolément, il verra :

Que, dans l'année 1737, malgré ses deux comètes, la température moyenne fut inférieure à celle des deux années précédentes, durant lesquelles, cependant, aucune comète ne se montra. Que de 1763 à 1785, l'année la plus froide, l'année 1766, correspondit à l'apparition de deux comètes, dont l'une était très-brillante. Que dans l'intervalle de seize années (1787 à 1802) pour lesquelles j'ai emprunté les données météorologiques aux Tables publiées par la Société royale de Londres, l'année la plus chaude, celle de 1794, n'a été marquée par l'apparition d'aucune comète, tandis que dans l'année de beaucoup la plus froide, dans l'année 1799, on en observa deux. En passant ensuite aux observations plus modernes contenues dans la troisième partie de la Table, on remarquera que l'année 1805, avec ses deux comètes, est une de celles où la température moyenne s'est le moins élevée; que 1808 doit être compté parmi les années froides, quoiqu'on ait observé quatre comètes; que l'année la plus froide du XIXe siècle, l'année 1829, a été marquée par l'apparition d'une comète; que l'année 1831, durant laquelle aucun de ces astres ne s'est montré, a joui cependant d'une température moyenne beaucoup plus forte que 1819, qui compte trois comètes dont l'une très-brillante; que l'année 1846 où l'on a observé huit comètes a eu la même température moyenne que l'année 1852 où l'on n'en a vu que quatre, etc.

Laissons maintenant de côté des remarques isolées qui

ne sauraient évidemment conduire à aucune conclusion certaine, et groupons les divers résultats. Alors la Table précédente nous donnera :

Température moyenne des 69 années à comètes	10°.81	centigrades.
Température moyenne des 27 années sans comètes	10°.52	—

La différence de ces deux nombres est assez sensible pour mériter qu'on en cherche la cause. Ne la trouverait-on pas dans cette circonstance, que les années froides sont ordinairement nébuleuses? Il est du moins certain que, par un temps habituellement couvert, les plus brillantes comètes peuvent passer sans être aperçues. Si l'on compare les températures moyennes des années pendant lesquelles il s'est montré une seule comète, avec celles des années qui ont été marquées par l'apparition de deux ou d'un plus grand nombre de ces astres, on doit affaiblir, sinon éliminer entièrement l'influence de la circonstance météorologique que je viens de signaler. Or, en opérant ainsi, on trouve :

Température moyenne des 30 années à une comète	10°.80	centigrades.
Température moyenne des 39 années à plusieurs comètes	10°.82	—

La différence paraîtra certainement insignifiante ; les deux nombres sont presque absolument identiques.

Ce dernier résultat doit sembler décisif à tout esprit non prévenu. Néanmoins je sais trop à quel point le public est disposé à prêter aux comètes une certaine influence

calorifique, pour ne pas sentir le besoin de réunir dans ce chapitre les diverses données de l'observation qui peuvent contribuer à mettre la vérité dans tout son jour. Les trois petites Tables suivantes me paraissent aller directement à ce but. En effet, lorsqu'en les examinant avec attention, on aura remarqué que les grands froids sont arrivés fréquemment pendant les apparitions de comètes, et les grandes chaleurs à des époques où aucun de ces astres n'était visible, on sera moins disposé à s'appuyer sur des coïncidences fortuites que la suite des temps doit inévitablement amener, pour établir entre les deux ordres de phénomènes dont il s'agit, une relation dont rien, absolument rien, n'établit la réalité.

Table des plus grands froids observés à Paris.

Dates.	Degrés centigrades au-dessous de 0.	Remarques sur les comètes.
1665, 6 février....	— 21°.2	Une comète brillante qui s'était montrée dans les premiers jours de décembre 1664, se voyait encore parfaitement en février 1665, quand le froid extraordinaire de ce mois se manifesta. Cette comète, dont le passage au périhélie eut lieu le 4 décembre 1664, ne cessa d'être observée qu'à la fin de mars 1665. Dans ce même mois de mars, il parut une autre brillante comète.
1709, 13 janvier...	— 23 .1	Point de comètes.
1716, ...	— 18°.7	Point de comètes.

Dates.	Degrés centigrades au-dessous de 0.	Remarques sur les comètes.
1729, ...	— 12°.2	Une comète fut visible depuis la fin de juillet 1729 jusqu'à la fin de janvier 1730; elle passa au périhélie le 12 juin 1729.
1742, 10 janvier...	— 17 .0	On vit une comète dès le 5 février. Elle passa au périhélie le 8 du même mois. En avril, des navigateurs en aperçurent une seconde, dans l'hémisphère sud, qui traînait une queue de 30° de long. L'orbite de celle-ci n'a pas pu être calculée.
1747, 14 janvier...	— 13 .6	Une comète fut observée en 1746, depuis le 13 août jusqu'au 5 décembre. Elle passa au périhélie le 3 mars 1747.
1748, ...	— 15 .3	On vit trois comètes dans le mois d'avril de 1748; deux seulement ont été calculées. Passages au périhélie : 28 avr. et 18 juin.
1754, 8 janvier...	— 14 .1	Point de comètes.
1755, ...	— 15 .6	Point de comètes.
1767, ...	— 15 .3	Point de comètes.
1768, ...	— 17 .1	Point de comètes.
1771, ...	— 13 .5	Une comète qui passa au périhélie le 19 avril.
1776, 29 janvier...	— 19 .1	Point de comètes.
1783, 30 décembre.	— 19 .1	Une comète très-petite passa au périhélie le 19 novembre 1783.
1788, 31 décembre.	— 22 .3	Deux comètes. L'une passa au périhélie le 10 novembre, et l'autre le 20 du même mois.

Dates.	Degrés centigrades au-dessous de 0.	Remarques sur les comètes.
1795, 25 janvier...	— 23°.5	La comète à courte période; mais elle ne passa au périhélie qu'à la fin de cette année.
1798, 26 décembre.	— 17 .6	Deux comètes. La première atteignit son périhélie le 4 avril, l'autre le 31 déc.
1820, 11 janvier...	— 14 .3	Point de comètes.
1823, 14 janvier...	— 14 .6	Une comète brillante qui passa au périhélie le 9 déc.
1827, 18 février....	— 12 .8	Trois comètes. Passages au périhélie : 4 février, 7 juin, 11 septembre.
1829, 24 janvier...	— 17 .0	Comète à courte période qui passa au périhélie le 9 janvier.
1830, 17 janvier...	— 17 .3	Deux comètes. Passages au périhélie : 9 avril, 27 décembre.
1838, 20 janvier...	— 19 .0	Comète à courte période qui passa au périhélie le 19 décembre.
1840, 17 décembre.	— 13 .2	Quatre comètes. Passages au périhélie : 4 janvier, 12 mars, 2 avr., 13 nov.
1845, 25 février....	— 11 .8	Quatre comètes dont une visible à l'œil nu, et une autre, la comète à courte période. Passages au périhélie : 8 janvier, 21 avril, 5 juin, 9 août.
1846, 19 décembre.	— 14 .7	Huit comètes. Passages au périhélie : 22 janvier, 11 et 25 février, 5 mars, 27 mai, 1er et 5 juin, 29 octobre.
1853, 30 décembre.	— 14 .0	Deux comètes dont une visible à l'œil nu. Passages au périhélie : 24 février, 1er septembre.

Tableau des années pendant lesquelles la Seine a été totalement gelée plusieurs jours de suite.

1740.........	Point de comètes.
1742.........	Une comète qui passa au périhélie le 8 février.
1744.........	L'une des plus brillantes comètes qu'on ait vues. Elle passa au périhélie le 1er mars.
1762.........	Une comète. Passage au périhélie le 28 mai.
1766.........	Deux comètes. La première passa au périhélie le 17 février; la seconde le 26 avril.
1767.........	Point de comètes.
1776.........	Point de comètes.
1788.........	Deux comètes. La première passa au périhélie le 10 novembre; la seconde le 20 du même mois.

Tableau des plus grands degrés de chaleur observés à Paris, à l'ombre et au nord.

Dates.	Degrés centigrades au-dessus de 0.	Remarques sur les comètes.
1705, 6 août.....	+ 33°.8	Point de comètes.
1706, 8 août.....	+ 35 .3	Une comète qui passa au périhélie le 30 janvier.
1753, 7 juillet....	+ 35 .6	Point de comètes.
1754, 14 juillet....	+ 35 .0	Point de comètes.
1775, ...	+ 34 .7	Point de comètes.
1793, 8 juillet....	+ 38 .4	Deux comètes. L'une passa au périhélie le 4, et l'autre le 28 novembre.
1800, 18 août.....	+ 35 .5	Point de comètes.
1802, 8 août.....	+ 36 .4	Une comète qui passa au périhélie le 9 septembre.
1803, ...	+ 36 .7	Point de comètes.
1808, 15 juillet....	+ 36 .2	Quatre comètes dont l'une passa au périhélie le 12 mai, l'autre le 12 juillet et dont les deux autres n'ont pas été calculées.
1818, 24 juillet....	+ 34 .5	Deux comètes, dont l'une passa au périhélie le 25 février et l'autre le 4 déc.

Dates.	Degrés centigrades au-dessus de 0.	Remarques sur les comètes.
1822, 10 juin......	+ 33 .8	Quatre comètes, en y comprenant celle à courte période. Passag. au périhélie : 5 et 24 mai, 16 juil. et 23 octobre.
1825, 19 juillet....	+ 36 .3	Quatre comètes y compris la comète à courte période. Passages au périhélie : 30 mai, 18 août, 16 sept., 10 décemb.
1826, 1er août......	+ 36 .2	Cinq comètes, y compris celle de 6 ans 3/4. Passages au périhélie : 21 et 29 av., 18 mai, 8 oct., 18 nov.
1827, 2 août.......	+ 33 .0	Trois comètes. Passages au périhélie : 4 févr., 7 juin, 11 septembre.
1832, 14 juillet....	+ 34°.8	Trois comètes y compris la comète à courte période et celle de 6 ans 3/4. Passages au périhélie : 4 mai, 25 septembre, et 26 novembre.
1835, 23 juillet....	+ 34 .0	Trois comètes y compris la comète de Halley et celle à courte période. Passages au périhélie : 27 mars, 26 août, 16 novembre.
1836, 1er juillet....	+ 34 .3	Point de comètes.
1838, 13 juillet....	+ 34 .3	La comète à courte période. Passage au périhélie, le 19 décembre.
1839, 3 août.....	+ 33 .1	Point de comètes.
1840, 6 août.....	+ 33 .0	Quatre comètes. Passages au périhélie : 4 janvier, 12 mars, 2 avril, 13 novembre.

Dates.	Degrés centigrades au-dessus de 0	Remarques sur les comètes.
1842, 18 août......	+ 37 .2	Deux comètes y compris la comète à courte période. Passages au périhélie : 12 avril et 11 décembre.
1846, 5 juillet....	+ 36 .5	Huit comètes y compris la comète de 6 ans 3/4. Passages au périhélie: 22 janvier, 11 et 25 février, 5 mars, 27 mai, 1er et 5 juin, 29 octobre.
1847, 17 juillet....	+ 35 .1	Six comètes, dont l'une visible à l'œil nu. Passages au périhélie: 30 mars, 4 juin, 9 août (2 comètes), 9 septembre, 14 novembre.
1850, 5 août......	+ 33 .6	Deux comètes. Passages au périhélie : 23 juillet, 19 octobre.
1852, 16 juillet....	+ 35 .1	Quatre comètes y compris la comète à courte période et la comète de 6 ans 3/4. Passages au périhélie: 14 mars, 19 avril, septembre, 12 octobre.

Après avoir présenté tout ce qu'il est possible de tirer aujourd'hui du petit nombre d'observations que les astronomes ont rassemblées, étudions le problème sous un autre point de vue.

Une comète peut agir à distance sur la Terre, de trois manières seulement : par voie d'attraction; par les rayons lumineux et calorifiques qu'elle lance ou réfléchit dans tous les sens; par la matière gazeuse dont se compose sa nébulosité ou sa queue, et qui, dans certaines positions, viendrait envahir l'atmosphère terrestre.

La comète de 1811, tout le monde se le rappelle, avait une brillante queue, dont la longueur ne resta pas constante. Dans son maximum, les mesures astronomiques lui donnèrent 41 millions de lieues. Sans avoir besoin de chercher si jamais cette queue se trouva dirigée vers la Terre, nous pouvons affirmer qu'elle ne l'atteignit pas, car le 15 octobre, au moment de son plus grand rapprochement, la comète était encore à 47 millions de lieues de nous.

Dans son maximum d'éclat, la comète de 1811 ne jetait certainement pas sur la Terre une lumière égale au dixième de celle que nous recevons de la pleine Lune. Celle-ci, je ne dis pas seulement avec son intensité naturelle, mais concentrée au foyer des plus larges miroirs ou des plus grandes lentilles, et agissant sur la boule noircie d'un thermomètre à air, n'a jamais produit d'effet sensible. Cependant, par ce mode d'expériences, un centième de degré du thermomètre ordinaire aurait été largement appréciable! Il faudrait renoncer à jamais faire usage de sa raison si, après de tels résultats, on s'arrêtait encore à l'idée qu'une comète, fût-elle vingt fois plus éclatante que celle de 1811, pourrait, par sa lumière, produire à la surface de la Terre, soit des variations de température susceptibles d'avoir quelque effet sur l'abondance et la qualité des récoltes, soit même un de ces changements microscopiques que les instruments subtils des météorologistes sont destinés à signaler.

C'est donc dans la force attractive des comètes, qu'on se trouve définitivement amené à chercher la cause efficiente de leur prétendue influence météorologique. La Lune nous servira de terme de comparaison.

Cet astre engendre les grandes marées de l'Océan (liv. XXIII, chap. XXIV, p. 105). Mathématiquement parlant, la comète de 1811 a dû produire des marées analogues; mais personne ne les ayant remarquées, il faut admettre que, par leur petitesse, elles échappaient à l'observation.

La hauteur de la marée varie proportionnellement à l'intensité de la puissance attractive. Nous venons de trouver la marée lunaire très-forte et la marée cométaire insensible ; donc, l'action de la comète sur la Terre n'était qu'une très-petite partie de l'action de la Lune. Ce résultat important découle, avec plus d'évidence encore, de l'examen des dérangements qu'éprouvent les planètes dans leur course elliptique autour du Soleil, et qui sont connus sous le nom de perturbations. Pour abréger, je m'en tiendrai, toutefois, à la première démonstration.

L'action attractive de la Lune ne produit sur notre atmosphère que des effets fort douteux (liv. XXI, chap. XL, t. III, p. 532). Ceux des météorologistes qui, en traitant cette question, se sont prononcés le plus positivement pour l'affirmative, restreignent eux-mêmes les variations barométriques qui peuvent tenir à l'influence lunaire, dans des limites très-resserrées. Admettons un moment ces changements comme réels; il est évident qu'il faudra beaucoup les atténuer si l'on veut en déduire en nombres les altérations du même genre que la comète de 1811 était capable d'engendrer. Sur la nécessité de cette réduction, les marées de l'Océan ont prononcé sans équivoque. Il ne resterait donc rien d'appréciable.

En résumé, les actions directes de la queue et de la nébulosité de la grande comète de 1811, sur l'atmosphère terrestre, ont été insensibles à cause de l'immense distance à laquelle cet astre a toujours été placé par rapport à la Terre. Quant aux actions calorifiques et attractives, les instruments les plus délicats n'auraient pas même pu en faire ressortir l'existence. Je laisse maintenant au lecteur à juger si les vignerons doivent jamais fonder quelque espoir sur l'apparition d'une comète !

CHAPITRE XXVI

DONNÉES NUMÉRIQUES RELATIVES AUX CLIMATS

J'ai pensé ne pouvoir terminer ce livre sans présenter un court résumé des résultats numériques les plus curieux, relatifs à la distribution de la température dans les diverses régions de la Terre.

Voici d'abord des renseignements sur les températures extrêmes observées à la surface du globe, soit dans le sol même, soit à l'air et à l'ombre.

Températures les plus élevées du sol exposé à l'action du Soleil.

Entre les tropiques, très-communément...	52°.5	(Humboldt)
Près de l'Orénoque (sable granitique blanc, couvert d'une belle végétation)........	60°.3	(*Idem*)
Sable, en Égypte, près Philæ............	67°.5	(Nouet)
Sable du Jardin de l'Observatoire de Paris.	53°.0	(Arago)

Températures les plus élevées observées en plein air et à l'ombre.

	Latitude.	Température.	
Mourzouk (Fezzan)......	26° 49′ N.	56°.2	(Lyon, Ritchie)
Ambukol (Dongolah).....	18 N.	46 .9	(Ruppel)
Nubie..................	15 N.	46 .2	(Russegger)
Pondichéry.............	11° 56′ N.	44 .7	(Le Gentil)
Sacatou................	13 N.	43 .3	(Clapperton)
Paramatta..............	33° 49′ S.	41 .1	(général Brisbane
Cap de Bonne-Espérance.	33 35 S.	43 .7	(Lacaille)
Antongil (Madagascar)...	15 27 S.	45 .5	(Le Gentil)

La température la plus élevée observée à Paris depuis 1665, à l'air et à l'ombre, a été + 38°.4 le 8 juillet 1793.

Températures les plus basses observées en plein air.

Iakoutsk (Sibérie, latit. 62° N., long. 129° 3/4 E.), 25 janvier 1829.............	— 58°	(Katakazia, thermomètre vérifié par M. Erman.)
Fort Entreprise (latit. 64° 1/2 N., long. 115° 1/2 O.).........................	— 50°	(Franklin.)

La température la plus basse observée à Paris depuis 1665 a été — 23°.5 le 25 janvier 1795.

D'après les calculs de M. Berghaus il y a deux points dans l'hémisphère boréal qui sont plus froids que les lieux voisins : l'un, le pôle glacial américain, serait situé par 77° 30′ lat. N. et par 38° long. O., et sa température moyenne serait — 19°.7 ; l'autre, le pôle glacial asiatique, serait situé par 7° 30′ lat. N. et 128° 30′ long. E., et il aurait — 17°.2 pour température moyenne (voir les figures 349 à 352, p. 610 à 613).

Je passerai maintenant à quelques comparaisons entre les températures moyennes des saisons de quelques lieux choisis de manière à montrer :

1° Les différences qui existent entre des lieux placés sous la même latitude du même hémisphère au milieu des terres et au milieu de l'Océan;

2° Les différences que présentent des lieux placés dans les deux hémisphères à égale distance de l'équateur;

3° Les différences que l'on trouve dans l'hémisphère boréal entre des lieux ayant même latitude mais situés dans l'Ancien Monde ou dans l'Amérique septentrionale;

4° Les différences des températures constatées sur les côtes orientales et occidentales des Deux Mondes.

Lieux situés, sous la même latitude, au milieu de l'Océan et au milieu des terres, dans la zone tempérée de l'hémisphère boréal.

	Ile de Madère.	Natchez (Amérique).	Nangasaki (Thibet).
Latitudes nord.	32° 38′	31° 34′	32° 45′
Température moyenne de l'hiver.....	16°.3	9°.6	7°.1
Température moyenne du printemps.	17 .5	19 .0	15 .2
Température moyenne de l'été.......	21 .1	25 .6	26 .7
Température moyenne de l'automne..	19 .8	18 .8	18 .8
Température moyenne de l'année....	18°.7	18°.2	17°.0

Lieux situés de part et d'autre de l'équateur dans les deux hémisphères.

Hémisphère boréal.			Hémisphère austral.		
Noms des lieux.	Latitudes.	Température moyenne de l'année.	Noms des lieux.	Latitudes.	Tempér. moyenne de l'ann.
Hambourg.....	53° 33′ N.	8°.6	Port-Famine...	53° 37′ S.	5°.0
Londres.......	51 31	9 .1	Iles Malouines.	51 32	8 .3
Perpignan.....	42 42	15 .5	Hobart-Town..	42 53	11 .3
Smithville.....	34 0	19 .3	Buénos-Ayres..	34 37	16 .9
Iles Bermudes.	32 28	20 .0	Graaf-Reynet..	32 11	16 .8
Havane........	23 9	25 .0	Rio de Janeiro.	22 55	23 .1
Nagpour.......	21 9	27 .5	Ile Bourbon...	20 52	23 .1
Maracaybo.....	11 19	29 .0	Ile Melville....	11 25	27 .0

Lieux situés sur l'hémisphère nord dans l'ancien monde et dans l'Amérique septentrionale.

ANCIEN MONDE.			AMÉRIQUE.		
Noms des lieux.	Latitudes.	Température moyenne de l'année.	Noms des lieux.	Latitudes.	Température moyenne de l'année.
Paris.......	40° 50′ N.	10°.7	Québec........	46° 49′ N.	5°.7
Naples.....	40 51	16 .7	Fort Colombus..	40 42	11 .0
Le Caire....	30 2	22 .4	Nlle-Orléans....	29 58	21 .1

Lieux situés sur les côtes occidentales de l'Europe et de l'Amérique.

EUROPE.			AMÉRIQUE.		
Noms des lieux.	Latitudes.	Température moyenne de l'année.	Noms des lieux.	Latitudes.	Température moyenne de l'année.
La Rochelle.	46° 9′ N.	11°.6	Fort George....	46° 18′ N.	10°.3
Bordeaux...	44 50	13 .1	Fort Vancouver.	45 38	11 .5
Lisbonne...	38 42	16 .4	San-Francisco...	37 48	13 .6

Lieux situés sur les côtes orientales de l'Asie et de l'Amérique.

ASIE.			AMÉRIQUE.		
Noms des lieux.	Latitudes.	Température moyenne de l'année.	Noms des lieux.	Latitudes.	Température moyenne de l'année.
Pékin.....	39° 54′ N.	12°.6	Philadelphie	39° 57′ N.	10°.7
Bangkok...	13 40	27 .3	La Barbade.	13 4	24 .7

La sécheresse d'un pays doit avoir une grande influence sur la valeur et sur la distribution des températures d'été et d'hiver.

Cette sécheresse est extrême dans les déserts, et surtout dans les plaines de la Sibérie, au delà de l'Altaï, entre l'Irtyche et l'Obi, lorsque les vents de sud-ouest ont longtemps soufflé.

Le 5 août 1829, à 1 heure après midi, dans la steppe Platowskaya, M. de Humboldt trouva — 4°.3 pour la température du point de rosée, le thermomètre, à l'ombre,

marquant alors + 23°.7. La température des plantes aurait dû, conséquemment, s'abaisser de 28° centigrades pour qu'il se déposât de la rosée.

Dans les circonstances psychrométriques que je viens de rapporter, l'hygromètre à cheveu de Saussure n'aurait marqué que 29°.

Le 28 septembre 1829, à 3 heures après midi, à Ouralsk, chef-lieu des Cosaques du Laïk, l'air étant à + 22°.0, on trouva pour le point de la rosée + 1°.4. La rosée ne se serait donc déposée sur les plantes qu'après un abaissement de température, par voie de rayonnement, de 20°.6 centigrades.

Par l'effet de cette énorme sécheresse, le nombre des jours de pluie va rapidement en diminuant quand on s'avance de l'ouest à l'est : à Moscou, on en compte 205; à Kasan, 90; à Irkoutsk, 57 seulement.

Si maintenant le lecteur, après avoir examiné les chiffres que je viens de rapporter et qui présentent une certaine régularité, parce qu'ils résultent d'un grand nombre d'observations, veut bien se reporter aux tableaux des pages qui donnent les températures les plus basses et les plus élevées observées à Paris, il reconnaîtra sans peine que, en un même lieu, dans le cours des années, on peut éprouver les effets constatés dans presque tous les climats. Il est donc impossible, quoique les lois des phénomènes généraux de température soient bien établies, d'indiquer à l'avance quel sera le fait particulier correspondant à un moment et à un lieu donnés.

LIVRE XXXIII

LE CALENDRIER

CHAPITRE PREMIER

AVANT-PROPOS

Le calendrier n'a pas encore été l'objet d'une exposition claire et détaillée. Dans les écrits de mes prédécesseurs on a laissé entièrement de côté une foule de questions intéressantes; divers points, il est vrai, y sont traités avec une grande supériorité, mais non pas, si une telle observation m'est permise, par des raisonnements à la portée des personnes dépourvues de connaissances mathématiques. J'ai essayé de remplir cette lacune en réunissant ici l'indication abrégée des méthodes diverses mises en usage chez les anciens et les modernes pour se retrouver dans le temps. Le lecteur est maintenant familiarisé avec les théories astronomiques, et il ne s'agit plus pour lui que d'en faire l'application à divers problèmes dont la pratique de la vie des sociétés demande la solution aux astronomes.

Quoique j'aie pris tous les soins dont je suis capable pour éviter les inexactitudes que j'avais à craindre en traitant une question qui exigeait à la fois des recherches scientifiques, historiques et d'érudition; quoique j'aie

puisé aux meilleures sources, telles que Clavius, Gassendi, Blondel, Delambre, Daunou, etc., je ne sais si je dois me flatter que des erreurs plus ou moins graves ne se seront pas glissées dans mon travail. Ma seule prétention a été de répandre un peu de clarté sur un sujet que les astronomes de profession eux-mêmes abordaient avec répugnance, à cause de sa complication.

La vieille astronomie, dit un savant historien, exclue de nos écoles, règne toujours dans nos calendriers et dans nos langues. Les détails dans lesquels nous allons entrer mettront en complète évidence la vérité de cette réflexion. Un mot encore avant d'entrer en matière.

Le Bourgeois gentilhomme, dans la comédie de Molière, voulait que son maître de philosophie lui *apprît l'almanach.* C'était là un vœu très-raisonnable. Tel qui s'en moque serait bien embarrassé si on lui adressait à ce sujet les questions même les plus élémentaires. Mais, on doit l'avouer, M. Jourdain se trompait en s'imaginant que les leçons qu'il demandait seraient faciles et simples. L'explication de l'almanach touche aux points les plus délicats, les plus épineux de la science et de l'érudition. Le lecteur, au reste, va en juger.

CHAPITRE II

DÉFINITIONS

Almanach vient du mot *man* qui, chez les Orientaux, signifie lune.

Le mot calendrier désigne une collection de préceptes

ou de tables dans lesquelles les subdivisions du temps sont envisagées dans leurs rapports naturels ou conventionnels de position et de longueur.

Le mot calendrier vient de *calendes:* c'est ainsi que les Romains appelaient le premier jour de chacun de leurs mois.

On a prétendu que le mot *calendes* venait du verbe grec καλέω, *appeler*, parce que le premier jour de chaque mois le peuple de Rome était appelé à se réunir en assemblée générale. Les Grecs n'avaient pas de calendes dans leur division de l'année. De là l'expression : renvoyer aux calendes grecques, c'est-à-dire se débarrasser de quelqu'un par une promesse illusoire. Ceci est plus certain que l'étymologie empruntée au verbe καλέω.

Les phénomènes astronomiques de la rotation de notre planète autour de son axe et de sa translation autour du Soleil ont conduit tous les peuples à admettre les divisions du temps en jours et en années. Nous avons précédemment donné tous les détails utiles à connaître sur les heures, minutes et secondes, sur les jours sidéraux et solaires, sur l'année sidérale et tropique, sur le temps moyen, sur les horloges (liv. VII, t. Ier, p. 247 à 299). Nous allons nous occuper de la semaine, du mois, des années, des ères chez les différents peuples. Ces divisions du temps ont pour but d'indiquer d'une manière précise et commode l'époque des événements. Le jour du mois et le numéro d'ordre de l'année sont employés pour rappeler les faits de la vie civile et de l'histoire des peuples ; on a cherché à les faire concorder avec les retours des mêmes saisons et on les a généralement réglés sur les mouve-

ments apparents du Soleil. La semaine indique la succession régulière des jours de travail et de repos. Enfin la commémoration des événements religieux, des fêtes d'Église se rapportent ordinairement aux numéros d'ordre des lunaisons et aux jours écoulés à partir de la dernière nouvelle Lune.

CHAPITRE III

LA SEMAINE

Goguet, adoptant sans réserve les opinions de Philon, de Josèphe, de saint Clément d'Alexandrie, a prétendu qu'une période de sept jours fut en usage chez tous les peuples de l'antiquité. D'autres, Costard par exemple, ont soutenu que les seuls Juifs employèrent la semaine dans ces temps reculés. (On peut voir cette opinion développée par M. Alfred Maury dans une note d'une dissertation de M. Biot, sur la Chronologie astronomique, insérée au tome XXII des *Mémoires de l'Académie des sciences.*) Il en est enfin, parmi lesquels je citerai Daunou, qui repoussent l'une et l'autre de ces deux opinions extrêmes. Suivant eux, la semaine figura, comme division du temps, chez les anciens Chinois, chez les Juifs, les Égyptiens, les Chaldéens et les Arabes. D'autre part, l'institution leur paraît avoir été inconnue en Perse, en Grèce, à Rome, à Carthage, etc. Telle est aujourd'hui l'opinion qui a le plus d'adhérents; mais nous ne pourrions pas, sans sortir de notre cadre, nous livrer à la discussion minutieuse des passages qui ont semblé l'appuyer sur des bases solides.

On suppose que la semaine pénétra en Grèce et dans l'Occident vers le IIIe siècle de notre ère.

Il faudrait porter le scepticisme à l'extrême et n'avoir pas remarqué combien les mots des langues parlées se sont quelquefois modifiés en vieillissant, pour refuser de voir les noms plus ou moins corrompus des planètes, dans ceux que portent les jours de notre semaine. Examinons chacun de ces noms séparément, et tous les doutes au reste disparaîtront.

Prenons d'abord le nom des jours de la semaine dans les langues du midi de la France, nous trouverons pour ces noms : di-luns, di-mars, di-mercres, di-jous, di-vendres, di-sate, di-menge.

L'origine des six premiers noms est évidente ; quant au dimanche, il vient de *dies dominica* dont nos ancêtres ont fait, suivant les étymologistes, dominque, puis dominche, dimenche, et enfin dimanche.

Dans le calendrier anglais, le dimanche a conservé le nom du Soleil (*sunday*), le second jour porte le nom de la Lune (*monday*) ; dans la désignation des quatre jours qui suivent, les noms des divinités septentrionales ont pris la place de ceux des divinités grecques ; quant au septième jour, samedi (*saturday*), jour de Saturne, on est revenu à la mythologie des peuples méridionaux. Ainsi, on ne saurait le contester, les jours de la semaine portent les noms des sept astres que les anciens appelaient les sept planètes.

Suivant Dion Cassius (il était consul en 229), ces dénominations tirent leur origine d'une pratique généralement en usage chez les Égyptiens : celle de consacrer,

dans un certain ordre, les diverses planètes aux vingt-quatre heures de la journée, et d'appeler chaque jour du nom de la planète qui présidait à la première heure.

L'ordre suivant lequel les jours de la semaine se succèdent porte l'empreinte indélébile d'un ancien système d'astronomie, d'après lequel les planètes étaient d'autant plus distantes de la Terre qu'elles mettaient plus de temps à faire dans le ciel leurs révolutions apparentes. Ainsi, dans ce système, la Lune était la planète la plus voisine; venait ensuite Mercure, puis Vénus, puis le Soleil que l'on considérait comme une planète, puis enfin, et dans cet ordre, Mars, Jupiter et Saturne.

On avait ainsi, en affectant à chaque planète le signe par lequel on les représente, la série suivante :

Saturne	Jupiter	Mars	Soleil	Vénus	Mercure	Lune
♄	♃	♂	☉	♀	☿	☾

De cette série, en suivant l'indication donnée par Dion Cassius, va résulter l'ordre àctuel des jours de la semaine :

Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
♄	☉	☾	♂	☿	♃	♀

dont il serait impossible, sans cela, de trouver l'explication, ni dans le temps des révolutions des astres, ni dans les considérations relatives à leur éclat, à leur aspect physique, ni dans l'importance accordée aux divinités dans la mythologie ancienne. Pourquoi, en effet, le jour du Soleil succéderait-il au jour de Saturne, le jour de la Lune à celui du Soleil, le jour de Mars à celui de la Lune, ainsi de suite? Prenons, au contraire, l'ordre des planètes signalé plus haut; affectons chacune d'elles aux heures du jour,

en comptant de gauche à droite, et lorsque la série des sept est épuisée, revenons de la Lune à Saturne. Pour tout dire, en un mot, comptons comme si les signes étaient disposés en cercle. Ainsi la première heure du samedi, *saturday*, chez les Anglais, étant consacrée à *Saturne* ♄, la septième devait être consacrée à la *Lune* ☾, ainsi que la quatorzième et la vingt et unième. La vingt-deuxième de ce même samedi était consacrée à *Saturne* ♄, la vingt-troisième à *Jupiter* ♃, la vingt-quatrième à *Mars* ♂, la vingt-cinquième, ou la première du jour suivant, devait être consacrée au *Soleil* ☉, qui prenait ainsi son nom (*sunday*) du nom de cet astre. Partons maintenant du jour du Soleil, et nous trouverons que la septième, que la quatorzième et la vingt et unième heure de ce jour-là étaient consacrées à Mars, la vingt-deuxième l'était au Soleil, la vingt-troisième à Vénus, la vingt-quatrième à Mercure, et la vingt-cinquième, ou la première heure du jour suivant, à la Lune. Le jour qui suivait le *sunday* devait donc être le *monday* des Anglais, ou le di-luns des Méridionaux. En partant maintenant de lundi, on trouve que la vingt et unième heure de ce jour-là était consacrée à Mercure ☿, la vingt-deuxième à la Lune ☾, la vingt-troisième à Saturne ♄, la vingt-quatrième à Jupiter ♃, la vingt-cinquième, ou la première heure du jour suivant, était consacrée à Mars ♂. Nous voyons naître ainsi le di-mars. En faisant la même opération sur toutes les autres planètes, on arriverait définitivement à l'ordre actuel des jours de la semaine :

Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
♄	☉	☾	♂	☿	♃	♀

ordre dans lequel, comme nous l'avons dit plus haut, on trouve la trace évidente du plus ancien système astronomique.

CHAPITRE IV

L'ORDRE DES JOURS DE LA SEMAINE, SUIVANT LES ASTROLOGUES

Un cercle divisé en sept parties égales, et portant sur ses sept divisions les sept planètes des anciens, dans l'ordre des durées des révolutions de ces astres ou de leurs distances supposées à la Terre, telle est la figure

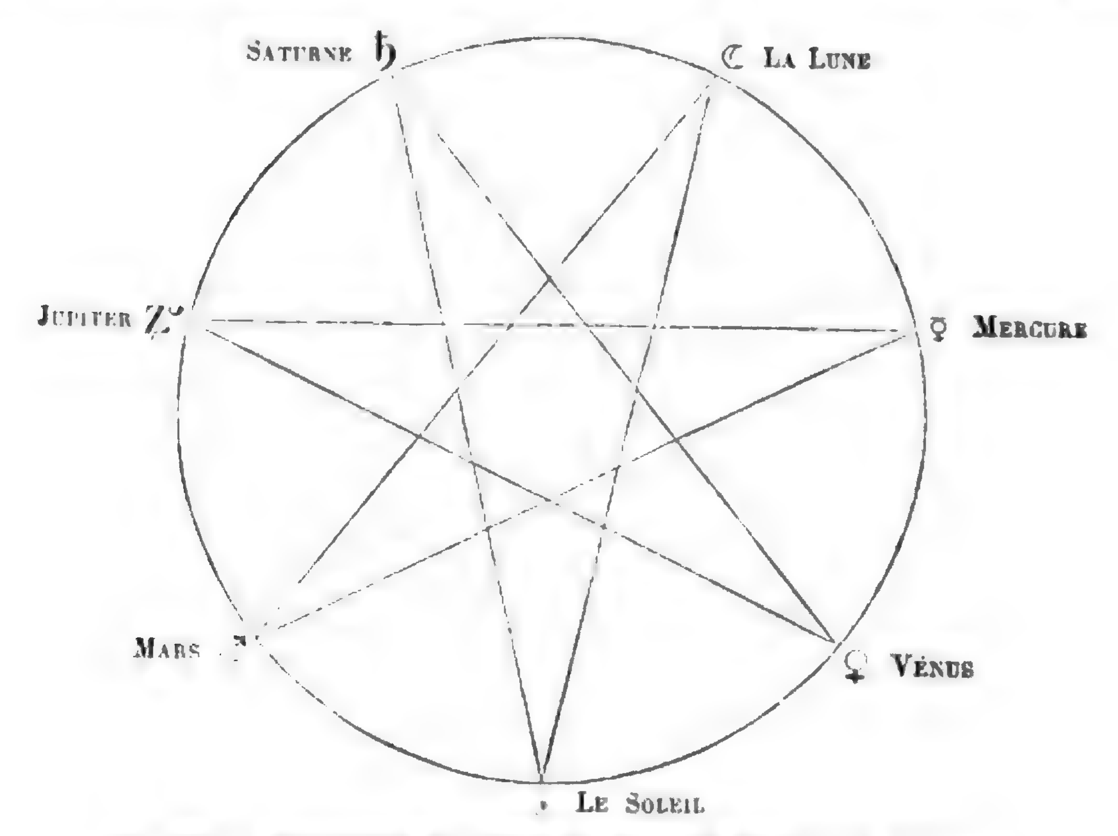


Fig. 353. — Explication de l'ordre des noms des jours de la semaine, suivant les astrologues.

mystérieuse d'après laquelle les astrologues expliquaient l'ordre des noms que portent les jours de la semaine.

De chaque division du cercle, occupée par une planète, les astrologues menaient deux lignes aux deux

extrémités de l'arc opposé. Ils avaient ainsi six lignes entrecroisées, formant sept triangles mixtilignes[1] égaux entre eux. Eh bien, si vous allez du sommet d'un premier triangle au sommet d'un second, en suivant le côté rectiligne qui leur est commun ; si du deuxième sommet vous passez, de la même manière, à un troisième, et ainsi de suite, vous trouverez, soit l'ordre des jours de la semaine, soit l'ordre inverse. Par exemple, la Lune ☾ conduit à Mars ♂ ; Mars ♂ conduit à Mercure ☿ ; Mercure ☿ conduit à Jupiter ♃ ; Jupiter ♃ conduit à Vénus ♀ ; Vénus ♀ conduit à Saturne ♄ ; Saturne ♄ conduit au Soleil ☉ ; le Soleil ☉, enfin, ramène à la Lune ☾.

La suite se trouve donc celle-ci :

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi
☾	♂	☿	♃	♀	♄	☉	☾

c'est l'ordre même de la semaine.

Si de la Lune ☾ on était passé au Soleil ☉, le Soleil ☉ aurait conduit à Saturne ♄, Saturne ♄ à Vénus ♀, etc. ; l'ordre eût été

Lundi	Dimanche	Samedi	Vendredi	Jeudi	Mercredi	Mardi
☾	☉	♄	♀	♃	☿	♂

c'est la semaine en sens inverse.

Il y avait dans ces entrecroisements cabalistiques des systèmes touchant l'influence des astres sur lesquels les astrologues ont refusé de faire connaître leurs idées.

Voilà donc deux explications de l'ordre dans lequel se

1. C'est-à-dire composés chacun de deux lignes droites et d'un arc de cercle.

suivent les noms des jours de la semaine : l'une fondée sur un ancien système d'astronomie ; l'autre appuyée sur une combinaison astrologique. Le nombre 7, qu'on ne parvint à compléter qu'en comptant le Soleil parmi les planètes, avait dans l'antiquité des vertus mystérieuses, et était l'objet d'un véritable culte : ce n'est pas impunément qu'on se fût hasardé en Égypte, en Grèce, à Rome, à annoncer l'existence de plus de sept planètes, c'eût été un attentat aux prérogatives du nombre 7 qui eût paru digne de toutes les malédictions de la religion : on n'aurait pas manqué de le punir de mort.

CHAPITRE V

QUEL EST LE PREMIER JOUR DE LA SEMAINE?

On se demande souvent dans la société, quel est le premier jour de la semaine? De courtes réflexions à ce sujet ne seront peut-être pas inutiles. Le monde, suivant la Genèse, fut créé en six jours; le septième jour, Dieu se reposa. Ceux qui, après avoir assimilé les jours de la semaine aux sept jours de la création, remarquent que, chez tous les peuples chrétiens, le dimanche est un jour férié, un jour de repos, se croient autorisés à regarder le dimanche comme le septième jour et le lundi comme le premier. Mais ce raisonnement est-il démonstratif? Le jour fêté par les Juifs étant uniformément le samedi, ce serait avec bien plus d'autorité ce jour-là qui devrait correspondre au repos dont il est parlé dans les livres sacrés. La coutume des sectateurs de Moïse conduirait

donc à regarder le samedi comme le dernier jour de la semaine, et le dimanche comme le premier.

Mais sortant de toute hypothèse, il est clair que le jour qu'on appellera le premier jour de la semaine et celui qui portera le nom de dernier ne sauraient être déterminés que par une convention explicite; or, si nous consultons le Dictionnaire de l'Académie, car l'astronomie n'a que faire dans cette question, nous trouvons le dimanche désigné comme le premier jour de la semaine. En France, le problème est résolu par cette décision. En Allemagne, l'usage a donné la même solution, car le mercredi s'appelle *mittwoch* en allemand, c'est-à-dire le milieu de la semaine. Voici les noms des jours de la semaine chez les principaux peuples et dans les principales langues :

Français.	Italien.	Espagnol.	Portugais.	Anglais.
Dimanche	Domenica	Domingo	Domingo	Sunday
Lundi	Lunedi	Lúnes	Secunda feira	Monday
Mardi	Martedi	Mártes	Terça feira	Tuesday
Mercredi	Mercoledi	Miércoles	Quarta feira	Wednesday
Jeudi	Giovedi	Juéves	Quinta feira	Thursday
Vendredi	Venerdi	Viérnes	Sexta feira	Friday
Samedi	Sabbato	Sábado	Sabbado	Saturday

Allemand.	Hollandais.	Arabe [1].	Indien [2].
Sonntag	Zondag	Youm el ahad	Addita-varam
Montag	Maandag	Youm eth thani	Soma-varam
Dienstag	Dingsdag	Youm eth thaleth	Mangala-varam
Mittwoch	Woensdag	Youm el arbaa	Bouta-varam
Freitag	Donderdag	Youm el khamis	Brahaspati-varam
Donnerstag	Vrijdag	Youm el djoumaa	Soucra-varam
Samstag	Zaturdag	Youm el effabt	Sany-varam

1. La traduction est : le premier, le second, le troisième, le quatrième, le cinquième jour, le jour d'assemblée, le jour du sabbat.

2. La traduction est : jour du Soleil, de la Lune, de Mars, de Mercure, de Jupiter, de Vénus, de Saturne.

CHAPITRE VI

DES MOIS

Pour ne pas charger la mémoire des nombres considérables auxquels il aurait fallu avoir recours, si tous les intervalles de temps avaient dû être exprimés en jours, on a successivement imaginé les sommes de jours, les groupes qui ont pris les noms de semaine, de mois, d'année.

Il est probable que la Lune, que la durée de la série de transformations qu'elle subit avant de revenir à un quelconque de ses états pris comme point de départ, a donné la première idée de cette subdivision de l'année qui s'appelle *mois.*

Ici, les étymologies et l'arithmétique conduisent à la même conséquence.

En grec, ménè (μήνη) et men (μήν) signifient Lune et mois, et néoménia (νηομηνια) nouvelle Lune ou premier jour du mois.

L'ancien rapport de la Lune et du mois est resté aussi parfaitement manifeste dans la langue anglaise, car *moon* veut dire Lune, et *month* signifie mois.

Le temps qui s'écoule entre deux nouvelles Lunes, entre deux pleines Lunes, etc., le temps de la révolution synodique de notre satellite est d'environ $29^j.5$ (liv. XXI, chap. I, t. III, p. 376).

CHAPITRE VII

MOIS ÉGYPTIENS

Les Égyptiens comptaient par période de douze mois égaux entre eux et de trente jours chacun ; ils ne recommençaient cette période qu'après avoir placé, à la fin de la précédente, cinq jours épagomènes ou complémentaires. On aurait donc le droit de dire que, chez ce peuple, on partageait le temps en périodes de treize mois dont douze étaient égaux entre eux, le treizième ne se composant que de cinq jours. Voici les noms des douze mois égyptiens : Thoth, Paophi, Athyr, Choéac, Tybi, Méchir, Phaménoth, Pharmouti, Pachon, Payni, Epiphi, Mésori.

Les jours épagomènes sont appelés Nisi par les cophtes modernes, lorsque l'année est commune, et Kebus lorsqu'elle est intercalaire. Depuis la réformation, l'année qui suit l'intercalaire commence le 30 août; elle finit le 28 août suivant, et celle d'après recommence le 29.

CHAPITRE VIII

MOIS GRECS

Les mois grecs furent d'abord au nombre de douze, sans compter le mois intercalaire dont on fit usage plus tard ; ces mois étaient successivement pleins et caves, c'est-à-dire de 30 et de 29 jours.

On les partageait en trois parties ou décades; bien entendu que, dans les mois caves, dans les mois de

29 jours, la troisième partie, la troisième décade, par une contradiction dans les termes, ne se composait que de neuf jours.

Pendant la première décade, la décade du commencement du mois, on comptait de un à dix ; le premier jour, toutefois, avait le nom particulier de néoménia.

Les jours de la décade du milieu étaient dénombrés, de même, de un à dix.

Ceux de la décade finale étaient comptés d'une tout autre manière.

Cette dernière période voyait toujours disparaître graduellement la Lune. Voilà pourquoi on la désignait par un mot grec qui signifiait dépérissement. Eh bien, les 10 ou les 9 jours de la décade de dépérissement, du décours de la Lune, étaient rapportés numériquement, suivant leur rang, au jour de la disparition complète de l'astre. Le 21 du mois s'appelait le 10e ou le 9e avant la Lune évanouissante, suivant que le mois était de 30 ou de 29 jours; le 22, en suivant la même convention, s'appelait le 9e ou le 8e; et ainsi de suite jusqu'au 30e ou 29e jour du mois, lequel portait en grec un nom spécial équivalant à vieux et nouveau, ce jour devant être constamment marqué par la fin d'une Lune et le commencement de la suivante [1].

Il n'existe pas de traité *ex professo* qui puisse nous faire connaître les détails relatifs à la division du temps chez les Grecs; ce n'est qu'en réunissant, qu'en coordonnant des passages épars des prosateurs et des poëtes,

1. On a remarqué que le nom donné en Grèce à la dernière décade du mois (φθίνοντος) se trouve déjà dans l'Odyssée.

qu'on est parvenu à reconstituer le calendrier de ce peuple. Nous ne saurions, sans dépasser les limites que nous avons dû nous imposer, consigner ici les résultats des travaux des érudits sur les noms que portaient les douze mois à Athènes, d'autant mieux qu'on a beaucoup varié sur l'interprétation de ces noms, et même sur la place que divers de ces mois occupaient dans la série des douze.

Ajoutons que les mois athéniens différaient de ceux des autres petites républiques grecques, des mois de Lacédémone, par exemple.

CHAPITRE IX

MOIS ROMAINS

Romulus institua une période de dix mois, après l'épuisement de laquelle on recommençait à compter toujours dans le même ordre.

Le premier de ces dix mois s'appelait *Mars*, du nom du dieu dont Romulus prétendait descendre. Le nom du deuxième mois (*aprilis*) a une origine moins certaine : les uns le font dériver du mot *aperire*, ouvrir, parce que c'est le moment où la terre s'ouvre ; d'autres, ainsi qu'Ovide, le considèrent comme venant, par corruption, d'*Aphrodité*, un des noms de Vénus.

Le troisième mois fut consacré à *Maïa*, mère de Mercure.

Le quatrième à Junon; *Junius* serait une abréviation de *Junonius*.

Les noms des six autres mois exprimaient simplement leur rang :

Quintilis, (Cinquième);	*Sextilis*, (Sixième);	*September*, (Septième);
October, (Huitième);	*November*, (Neuvième);	*December*, (Dixième).

Des deux mois ajoutés par Numa aux dix de Romulus, l'un prit le nom de *Januarius,* de *Janus;* le nom de l'autre dérive, disent quelques antiquaires, des sacrifices expiatoires (*februalia*), par lesquels on se purifiait des fautes commises dans le cours de l'année. Je vois dans Cagnoli qu'en Italie on explique d'une manière un peu différente le nom du second mois : février viendrait de *Februo*, le dieu des morts, auquel ce second mois aurait été consacré.

Les mois romains sont devenus les nôtres. Il est donc indispensable de les considérer à leur origine, et de voir comment ils se sont modifiés et complétés.

Censorin, d'après le témoignage de Varron, de Suétone, il aurait pu ajouter d'Ovide, dit que, primitivement, en conformité de ce que nous venons de rapporter, il n'y avait que dix mois : mars, avril, mai, juin, *quintilis*, *sextilis*, september, october, november et december. Les mois de mars, de mai; les mois *quintilis* et october, avaient chacun 31 jours; les autres 30 seulement. La période romaine d'après laquelle on comptait le temps (l'année) n'était donc que de 304 jours.

Numa ou Tarquin (les érudits n'ont pas osé décider lequel de ces deux rois fit la modification) ajouta 51 jours aux 304 de Romulus, qui servirent à constituer deux

nouveaux mois; la période devint donc de 355 jours.

Les cinquante et un jours ajoutés ainsi n'étant pas suffisants pour donner aux deux mois nouvellement créés de janvier et de février, une longueur peu différente de celle qu'avaient déjà les anciens mois, on fit subir à quelques-uns de ceux-ci une diminution. Les quatre grands mois, mars, mai, *quintilis* et octobre, conservèrent leurs 31 jours; l'emprunt s'effectua sur les six mois caves, sur les six mois de 30 jours, qui, à partir de là, n'en eurent plus que 29; 6 jours ajoutés à 51, formèrent un total de 57, qu'on répartit ainsi : 29 à janvier, et 28 à février.

Un mot sur ce qu'il y a d'étrange dans ces arrangements numériques.

Les Grecs comptaient par périodes de 354 jours. En ajoutant 50 jours aux 304 de la période de Romulus, on aurait retrouvé le même chiffre. On en ajouta 51 par superstition; on voulut que le total ne fût pas un nombre pair, d'après la persuasion que les nombres impairs étaient plus heureux, plus agréables à la divinité. Tel fut aussi le motif de la bizarre répartition des jours entre les divers mois : il y en avait quatre de 31 jours; sept de 29; le mois de février en comptait 28. Ce mois avait un double défaut : il était le plus court; et, chose autrement grave, il se composait d'un nombre pair de jours.

Voilà, suivant la remarque d'un historien illustre, de Daunou, ce qu'était la sagesse romaine au temps du divin Numa.

Chacun des mois romains était partagé en trois sections inégales, séparées par des jours portant les noms de calendes, de nones et d'ides.

Les calendes étaient invariablement fixées aux premiers jours de chaque mois; les nones arrivaient le 5 ou le 7; les ides, le 13 ou le 15.

Les enfants, ayant leur attention principalement fixée sur le prochain jour de congé, sur le dimanche, désignent souvent les jours de la semaine d'après leur distance à cette époque tant désirée. Il n'est pas rare de leur entendre dire : Nous sommes à deux, à trois, à quatre jours, etc., du dimanche. Ainsi comptaient les Romains : ils caractérisaient chaque jour par sa distance à la fête suivante du même mois. Immédiatement après les calendes d'un mois quelconque, les dates étaient rapportées aux nones, et l'on disait : sept jours, six jours, cinq jours, etc., avant les nones. Dès le lendemain des nones, on comptait par ides; enfin les jours qui terminaient un mois étaient rapportés de même aux calendes du mois suivant. Par exemple, les derniers jours de février s'appelaient le septième, le sixième, le cinquième avant les calendes de mars. Quand les ides étaient le 13, on avait à dénombrer jusqu'à dix-sept jours avant les calendes du mois suivant.

Il est bon de consigner ici une remarque qui fera ressortir encore davantage l'incroyable bizarrerie de cette manière de compter.

Le jour qui précédait immédiatement les nones, les ides, les calendes, s'appelait comme de raison la veille des nones, la veille des ides, la veille des calendes. L'avant-veille de chacun de ces jours aurait dû prendre respectivement le nom de deuxième jour avant les nones, avant les ides, avant les calendes; il s'appelait en réa-

lité le troisième ; le jour qui précédait l'avant-veille prenait le nom de quatrième, et ainsi de suite, avec une erreur constante en plus d'une unité.

Qui ne voit avec surprise, je dirai presque avec dégoût, dans cette numération rétrograde, le jour des nones, par exemple, pris comme vrai point de départ, ne pas figurer dans le compte quand il s'agit de la veille, et figurer, au contraire, comme une unité dans la fixation du rang de l'avant-veille !

Lorsque désormais on entendra Bélise, dans les *Femmes savantes,* demander au notaire :

> De dater par les mots d'ides et de calendes,

on connaîtra la signification de ce vœu, on saura que la folle, comme la qualifie Molière, fait appel à ce que l'antiquité nous avait légué de plus décousu, de plus déraisonnable.

Les Romains sentirent, comme les Égyptiens, la nécessité, qui sera bientôt démontrée, de recourir à des mois intercalaires.

Tous les deux ans, un mois supplémentaire s'ajoutait aux douze mois ordinaires. Ce mois s'appelait *mercedonius, merkedonius* ou *merkedinus.*

Par une bizarrerie presque inexplicable, le mois *mercedonius* s'intercalait tout entier entre le 23 et le 24 février. Ainsi, après le 23 février venaient : le 1er, le 2, le 3, etc., *mercedonius;* ce n'était qu'après l'épuisement des jours de ce mois supplémentaire, qu'on reprenait la série : 24, 25, 26, 27 et 28 février.

CHAPITRE X

MOIS DU CALENDRIER RÉPUBLICAIN

Dans le calendrier républicain, adopté en 1793, on comptait 12 mois composés chacun de 30 jours, et des jours épagomènes ou complémentaires au nombre de 5 ou 6, ne faisant partie d'aucun des 12 mois[1]. On verra bientôt à quelles circonstances de la distribution des saisons ces cinq ou six jours complémentaires étaient destinés à pourvoir.

Chaque mois était divisé en trois décades, dont les jours prenaient les noms de *primidi*, *duodi*, *tridi*, *quartidi*, *quintidi*, *sextidi*, *septidi*, *octidi*, *nonidi*, *décadi*. Cette division avait un précieux avantage dont la semaine est privée : le nom du jour de la décade faisait connaître immédiatement et sans calcul à quel quantième du mois on était arrivé.

Voici les noms qu'on donna aux mois, à commencer par le premier de l'année républicaine :

Vendémiaire, *brumaire*, *frimaire*, *nivôse*, *pluviôse*, *ventôse*, *germinal*, *floréal*, *prairial*, *messidor*, *thermidor*, *fructidor*.

Les étymologistes ont critiqué ces dénominations; on a répondu qu'elles avaient l'avantage d'avoir la même terminaison pour les mois de chaque saison, et de se rattacher à des événements météorologiques ou agricoles

1. Comme si l'on s'était plu à jeter de la défaveur sur l'année républicaine, les jours complémentaires furent appelés les *sans-culottides*.

annuels : ainsi fructidor correspondait à la maturation des fruits, vendémiaire aux vendanges, pluviôse au temps des pluies, frimaire à l'époque des frimas, etc.

Mais ces dénominations avaient l'inconvénient de n'être relatives qu'au climat de la France : on se fit donc la plus étrange des illusions en s'imaginant qu'elles seraient adoptées dans tous les pays.

Ce calendrier, comme chacun sait, n'a duré que treize ans.

CHAPITRE XI

DES DIVERSES ANNÉES SOLAIRES

Les étymologistes s'accordent généralement à regarder *annus* et *annulus* comme dérivés d'une source commune. On peut voir dans Macrobe *annus* traduit par circuit du temps.

On a vu comment on détermine avec exactitude (liv. VII, chap. IV, t. I, p. 261) le retour des équinoxes. Le temps que le Soleil emploie pour revenir au même équinoxe est l'année tropique (liv. VII, chap. VII, t. I, p. 273).

La durée exacte de l'année tropique exprimée en jours solaires moyens est de $365^j.242264$ ou $365^j\ 5^h\ 48^m\ 51^s.6$.

Si l'on exprimait l'année en jours sidéraux, il y aurait un jour de plus dans son énoncé, qui serait $366^j.242264$.

On appelle année sidérale le temps que le Soleil emploie pour revenir à la même étoile. A cause de la précession des équinoxes, qui fait rétrograder chaque année l'équinoxe du printemps de l'orient à l'occident de $50''.3$ (liv. XXIII, chap. XXI, p. 93), l'année tropique est plus

courte que l'année sidérale. On se sert des années sidérales pour vérifier la troisième loi de Kepler, celle qui fait que les carrés des temps des révolutions des planètes autour du Soleil sont entre eux comme les cubes des distances des planètes à l'astre radieux. La durée de l'année sidérale en jours moyens est de $365^j.25637$ ou $365^j\ 6^h\ 9^m\ 10^s.37$. L'année sidérale surpasse donc l'année tropique de $20^m\ 18^s.77$.

Le temps que le Soleil, dans son mouvement apparent autour de la Terre, emploie pour revenir exactement au même point de son orbite, est l'année anomalistique, du mot anomalie qui signifie inégalité; on se souvient que les perturbations planétaires font varier les éléments des orbites. L'année anomalistique exprimée en jours moyens est de $365^j.259709$ ou $365^j\ 6^h\ 13^m\ 58^s.8$.

Si l'on considérait le mouvement de la Terre par rapport aux planètes, et les intervalles de temps qui la ramèneraient à une même longitude avec chacune des autres planètes, on aurait diverses années synodiques dont il est inutile que nous indiquions les valeurs.

Pour les besoins des explications qui vont suivre, il est seulement nécessaire que nous remarquions que l'année tropique, égale à $365^j\ 5^h\ 48^m\ 51^s.6$, renferme une fraction de jour assez embarrassante qui a donné lieu à toutes les difficultés des concordances des calendriers, à toutes les réformations successivement imaginées. En admettant que l'année soit de $365^j.25$ ou $365^j\ 6^h$, on fait une erreur de $11^m\ 8^s.6$.

CHAPITRE XII

DE L'ANNÉE ÉGYPTIENNE — ANNÉE VAGUE — PÉRIODE SOTHIAQUE

On pense que les Égyptiens firent primitivement usage d'une année de 360 jours, partagée en 12 mois de 30 jours chacun. Telle est même, suivant l'opinion de quelques érudits, l'origine de la division du cercle en 360 parties égales, en 360 degrés.

L'histoire de Rhéa et de Saturne, rapportée par Plutarque, a fait croire que les cinq jours complémentaires (épagomènes) furent ajoutés par Mercure Trismégiste à l'année primitive de 360 jours.

L'année égyptienne, portée à 365 jours, avait, quoiqu'à un moindre degré, le défaut capital de l'année de 360 : celui de différer du temps employé par le Soleil à faire sa révolution complète.

L'année de 365 jours a pris le nom d'*année vague*. Voyons quelle est l'origine de cette dénomination; cherchons à découvrir les inconvénients de l'année vague.

Dans l'explication des saisons (liv. XXXII, chap. XII, p. 562), nous avons montré par le fait et par le raisonnement que les températures annuelles, dans un lieu donné, se partagent en deux périodes, l'une croissante et l'autre décroissante, et que, grâce au nombre de jours dont se compose actuellement notre année civile, chaque jour d'une certaine dénomination, tels que 10 janvier, 20 mars, 15 juillet, 19 septembre, etc., abstraction faite des circonstances atmosphériques accidentelles, jouit tous

les ans de la même température. Cela tient évidemment à ce qu'en moyenne le Soleil revient ce jour donné à la même position relativement à l'équateur, par conséquent à la même position par rapport à un horizon déterminé. Or on a vu dans le chapitre cité que c'est cette position qui règle les températures terrestres.

Voyons maintenant ce qui arrivera si la longueur de l'année civile n'est pas égale à la longueur de l'année astronomique. Supposons, comme c'était le cas chez les Égyptiens, que l'année civile soit de 365 jours, tandis que l'année astronomique est d'environ $365^{j}.25$.

Choisissons un jour d'une dénomination déterminée, le 21 mars, par exemple, jour de l'équinoxe. Dans ce jour, on éprouve une certaine température liée à cette circonstance, que le Soleil décrit l'équateur. L'année d'après, quand on comptera 21 mars, le Soleil ne sera pas encore dans l'équateur, il faudra un quart de jour de plus pour qu'il atteigne ce plan. Lorsqu'on sera arrivé, après une nouvelle période, au 21 mars, le Soleil sera encore plus éloigné du plan de l'équateur, et il lui faudra un demi-jour pour l'atteindre.

Enfin, après quatre révolutions, le Soleil, au lieu d'être à l'équateur comme à l'origine de la période, le 21 mars, n'y arrivera que le 22 ; ce sera donc ce 22 mars qui jouira de la température qu'on avait observée au début le 21. Après quatre nouvelles révolutions, le Soleil n'atteindra l'équateur que le 23 ; ce sera donc le 23 qu'on trouvera la température observée d'abord le 21. A chaque période de quatre ans, l'équinoxe aura retardé d'un jour, de sorte que la température originelle du

21 mars aura lieu successivement en avril, en mai, en juin, etc.

Tous les jours de l'année viendront, quant à la température, prendre la place du 21 mars, tous les mois de l'année se plongeront donc successivement, en rétrogradant, dans l'hiver.

Dans l'état actuel des choses, on jouit dans nos climats d'une température modérée en avril; les mois de juillet et d'août sont chauds; les mois de décembre et de janvier sont froids. Dans le système que nous examinons, le même mois serait successivement tempéré, chaud et froid. Les travaux de l'agriculture se rapportent aux divers mois, non pas à cause de leurs noms, mais à cause de leurs températures. Dans le système de l'année égyptienne, on ne pourrait donc pas dire : la moisson se fait dans tel mois, la vendange dans tel autre, puisque tous les mois, dans une certaine période, correspondraient à la température favorable à la moisson, à la température où la vendange devrait s'effectuer, etc.

Cet inconvénient saute aux yeux de tout le monde; mais il en est d'autres qui ne sont pas moins évidents. Supposez, par exemple, qu'un historien rapporte qu'une bataille s'est livrée au mois de janvier : dans le système de calendrier actuel, on sait que l'événement a eu lieu en hiver; dans le système des Égyptiens, il faudrait un calcul pour décider si c'est en hiver, au printemps, en été, en automne que la bataille a été donnée, attendu que le mois de janvier correspond successivement à toutes les saisons.

Dans quelle période d'années égyptiennes (ces années

ont été très-justement appelées *années vagues*), tous les mois ont-ils correspondu à toutes les saisons? Il est évident que, pour l'obtenir, il faut multiplier par 4 la longueur de l'année égyptienne ou 365 jours, ce qui donne une période de 1460 années vagues; cette période, dans laquelle tous les jours de l'année ont joui de la même température, s'appelait, chez les anciens, la *période sothiaque.*

Des motifs superstitieux étaient invoqués en faveur de l'année vague, les voici; on disait: Les fêtes civiles et religieuses se célébrant à des jours déterminés de l'année, ces fêtes, après un certain temps (1,460 ans), auront correspondu à toutes les saisons, et les auront ainsi sanctifiées. Je n'ai sans doute pas besoin d'insister sur la puérilité de considérations de cette nature, qui sont abandonnées depuis l'adoption de l'année intercalaire.

CHAPITRE XIII

ANNÉE GRECQUE — CYCLE DE MÉTON — CYCLE DE CALIPPE

L'année grecque fut d'abord de 354 jours; plus tard, on la porta à 360; ensuite, à l'aide de mois intercalaires, elle fut amenée, en moyenne, à 365 jours.

Les mois lunaires ayant servi les premiers à diviser le temps, les fêtes d'institution ancienne se célébraient à des époques en relation avec le cours de la Lune. Mais les saisons n'ont de liaisons qu'avec le cours du Soleil. Pour faire que les fêtes revinssent aux mêmes phases de la Lune et à peu près dans les mêmes saisons, il a fallu chercher

des rapports simples qui permissent de coordonner les deux manières de diviser le temps.

Ajoutons qu'un oracle avait prescrit aux Grecs de célébrer certaines de ces fêtes dans les mêmes jours de l'année et aux mêmes phases de la Lune. Il était difficile de régler à l'avance les jours où cette célébration devait avoir lieu, jusqu'au moment où Méton eut découvert le cycle qui porte son nom, et qu'il fit connaître pendant qu'on célébrait les jeux olympiques en l'an 433 des chronologistes avant notre ère. Méton remarqua que dix-neuf années contenaient 235 lunaisons; après dix-neuf années, les mêmes phases de la Lune revenaient aux mêmes jours, aux jours de même dénomination; en sorte qu'après ce laps de temps, les fêtes devaient être célébrées aux mêmes dates. Nous avons déjà dit qu'on rapporte que les Grecs firent éclater un tel enthousiasme à l'annonce de cette découverte, qu'ils décidèrent qu'elle serait inscrite sur les monuments publics en lettres d'or (liv. XXI, chap. VII, t. III, p. 397). De là le nom de *nombres d'or* donné aux nombres dont se compose le cycle de Méton.

Du reste, quelques érudits ont douté que cette période ait été employée en Grèce dans la vie civile; peut-être les écrivains qui se sont laissés aller à ce sujet à une admiration outrée avaient-ils voulu venger le savant astronome des ignobles sarcasmes dirigés contre lui dans une des comédies d'Aristophane.

Calippe ajouta à la précision de la remarque de son compatriote Méton, en prenant soixante-seize années solaires qui forment 940 lunaisons.

CHAPITRE XIV

ANNÉE ROMAINE

L'année romaine se composait, sous Romulus, de 304 jours. Sous Numa, elle fut portée à 355 jours. Après l'introduction du mois intercalaire mercedonius, elle fut de 366.

De là, un désaccord toujours croissant entre le commencement de l'année civile et celui de l'année astronomique, malgré le mois mercedonius créé tout exprès pour remédier à cet inconvénient. En désespoir de cause, on se décida à conférer aux pontifes le droit de donner au mois intercalaire le nombre de jours que les circonstances rendraient nécessaire. A partir de ce moment, le calendrier devint un moyen de corruption et de fraude. Cicéron nous apprend que les pontifes, à l'aide de ce pouvoir discrétionnaire, prolongeaient la durée de la magistrature de leurs amis, ou abrégeaient celle de leurs ennemis; qu'ils faisaient, suivant leur bon plaisir, avancer ou retarder les échéances; qu'ils favorisaient les bénéfices des fermiers du fisc ou aggravaient leurs pertes.

L'ignorance, la superstition, la fraude, avaient tellement empiré les choses, qu'on en était arrivé à célébrer au printemps les fêtes d'automne qui portaient le nom d'*autumnalia*, et celles de la moisson dans le milieu de l'hiver.

CHAPITRE XV

RÉFORMATION JULIENNE

Jules César résolut de porter remède à tous les désordres que nous venons de signaler, et d'établir une intercalation régulière, invariable, exempte d'arbitraire, qui les prévînt à l'avenir. Un astronome égyptien, Sosigène, lui prêta son concours, et leur travail commun conduisit à ce qu'on est convenu d'appeler *réformation julienne*, du nom de Jules César.

L'idée de régler l'année civile sur une période dans laquelle il y aurait un nombre fractionnaire de jours dut être rejetée de prime abord par l'esprit éminemment judicieux de César.

Supposons, en effet, que l'année civile eût été réglée sur une durée de 365 jours 1/4, et qu'une certaine année de ce nouveau calendrier eût pour origine le 1er janvier à minuit; l'année suivante aurait commencé à six heures du matin, l'année d'après à midi : ce n'eût été qu'après une période de quatre ans que le commencement fût revenu à minuit. On conçoit, sans que nous insistions davantage, tous les inconvénients qui seraient résultés d'un commencement d'année variable avec la date.

Une seconde condition à laquelle il fallait satisfaire, pour que les années se prêtassent à une facile transformation en un nombre équivalent de jours, était que l'intercalation s'opérât d'une manière régulière et simple. On peut affirmer que cette condition est remplie dans le calendrier julien.

Pour réparer le mal qui était résulté de la longueur défectueuse donnée au mois intercalaire mercedonius, et des mauvaises pratiques des pontifes, César assigna à l'an 708 de Rome une durée de 445 jours. Ces 445 jours se composèrent, de l'année ordinaire, d'un mercedonius de 23 jours et de deux mois intercalaires, l'un de 33 jours, l'autre de 34, qui furent placés entre novembre et décembre.

L'année où s'opéra cette réforme s'appela l'année de confusion. C'est la quarante-sixième avant notre ère.

La réformation julienne fixa la longueur de l'année astronomique à $365^j.25$. Le mercedonius disparut, et les jours dont on eut alors à disposer furent répartis de manière à choquer le moins possible les idées et les préjugés des Romains. Ainsi février conserva ses 28 jours : en lui en donnant 30 on eût cru compromettre le salut de l'État. Sept mois, et non plus seulement cinq, comptèrent dès lors 31 jours : les nouveaux mois, portés à la dignité de *menses majores*, de grands mois, furent les mois *sextilis* et décembre.

Après que Jules César eut réformé le calendrier, Marc-Antoine, alors consul, fit décréter que, pour perpétuer la mémoire d'un pareil bienfait, le mois *quintilis*, dans lequel César était né, prendrait le nom de *Julius* (juillet).

Plus tard (en l'an 730 de Rome), le sénat décida, comme nous l'apprend Macrobe, qu'en mémoire des nombreux services qu'Auguste rendit à l'empire pendant le mois *sextilis*, ce mois s'appellerait *Augustus* (août).

Ces deux changements de nom furent acceptés. De là les tentatives que firent Tibère, Claude, Néron, Domitien

pour inscrire leurs noms dans le calendrier. Heureusement le monde n'a pas eu à souffrir cette ignominie.

Jules César et Sosigène placèrent le jour complémentaire dans le mois de février ; mais la hardiesse ne fut pas aussi grande qu'elle le paraît d'abord ; ce mois malheureux, ce mois pair, conserva son caractère antique : au lieu de le porter à 29 jours dans les années à intercalation, on lui laissa en apparence ses 28 jours primordiaux.

Il y avait dans ce mois un sixième jour avant les calendes de mars, un jour qu'on appelait *sexto-calendas*, dans lequel on célébrait la fête du régifuge, instituée en mémoire de l'expulsion de Tarquin. C'est entre ce jour et la veille qu'on plaça le jour intercalaire sous le nom de *bissexto-calendas*. De là le nom de *bissextile* donné aux années de 366 jours[1].

Les pontifes successeurs de César furent chargés de présider à l'exécution de la réforme qu'il avait établie ; mais ils se trompèrent en considérant chaque bissextile écoulée, comme faisant partie des quatre années qui devaient fixer la bissextile suivante ; en sorte qu'en réalité, les bissextiles revenaient de trois en trois ans.

Ainsi ces graves personnages, qui n'auraient pas hésité à prédire l'avenir d'après le vol des oiseaux ou sur l'inspection des entrailles d'un animal égorgé par le sacrificateur, ne comprirent pas qu'il fallait multiplier 1/4 par 4 pour obtenir 1. Cette erreur, dans l'application de la

1. Ce fut vers l'année 45 avant Jésus-Christ, suivant la manière de compter des astronomes, que s'opéra la réforme julienne ; on voit que cette grande transformation ne précéda guère que d'un an la mort de César.

réforme julienne, dura trente-six ans. Auguste y porta alors remède, en retranchant les bissextiles de trop qu'on avait introduites dans cette période.

CHAPITRE XVI

ANNÉE JUIVE

Les années ordinaires des Hébreux se composaient de 12 mois lunaires : nisan, jiar, siban, thamuz, ab, elul, thirsi, marchesvan, casleu, tebeth, sabath, adar. Ces mois avaient alternativement 30 et 29 jours, comme chez les Grecs, et ils ne comprenaient en tout que 354 jours. La différence d'environ onze jours avec l'année solaire eût empêché les anniversaires de coïncider avec le retour des saisons; aussi les Israélites sentirent de bonne heure la nécessité de recourir à des intercalations. Les Juifs eurent en conséquence des années extraordinaires composées de 13 mois, formés de 29 ou de 30 jours. Le treizième mois, appelé veadar, ou le second adar, était ajouté à certaines années, de manière à faire coïncider la pâque, qui commençait le 15 du mois nisan, avec l'époque où les orges étaient bonnes à couper, parce que la pâque demandait, outre l'agneau pascal, l'offrande de la gerbe pour les prémices de la moisson des orges. Les règles de l'intercalation varièrent avec le temps et suivant les lieux où se portèrent les Hébreux exilés. Enfin les Juifs adoptèrent le cycle de Méton, dont les années 3ᵉ, 6ᵉ, 8ᵉ, 11ᵉ, 14ᵉ, 17ᵉ et 19ᵉ ont 13 mois, et sont alors appelées embolismiques, du grec ἐμβολίσμος qui veut dire *ajouté.*

CHAPITRE XVII

ANNÉE MUSULMANE

L'année musulmane se compose, comme l'année grecque, de douze mois ou lunaisons, qui ont alternativement 30 ou 29 jours. Le total est de 354 jours, durée moindre que l'année solaire, de 11 jours 1/4.

Les mois des Musulmans sont les suivants :

Moharrem	30 jours.
Sefer	29 —
Rabi' el awal (Rabi' I)	30 —
Rabi' eth-thani (Rabi' II)	29 —
Djemadzi el-awal (Djemadzi I)	30 —
Djemadzi eth-thani (Djemadzi II)	29 —
Redjeb	30 —
Cha'aban	29 —
Ramadan	30 —
Chawâl	29 —
Dzou' l kedah	30 —
Dzou' lhadjeh	29 —
Total	354 jours.

D'après ce système, chaque lunaison moyenne est comptée de 29 jours 1/2 ; or, elle est de 44 minutes plus longue. Pour corriger l'erreur qui en résulte, les Musulmans ajoutent en 30 ans, 11 jours intercalaires en augmentant d'un jour quelques années dans lesquelles le dernier mois (Dzou' lhadjeh) prend alors 30 jours. Ces onze jours intercalaires sont distribués de la manière suivante dans chaque cycle de 30 ans :

Années : 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26 et 29.

Le cycle mahométan de 30 ans ou de 360 lunaisons est donc de $30 \times 354 + 11 = 10{,}631$ jours ; rigoureusement il faudrait $16^m\ 49^s.2$ de plus pour revenir exactement à une nouvelle lunaison ; cette erreur fait avancer les mois tous les 30 ans d'environ un quart d'heure de plus. Pour les 42 cycles qui se sont écoulés depuis l'hégire, l'erreur est de $11^h\ 40^m$ environ. Il en résulte que les fêtes et les nouveaux mois ne sont pas toujours célébrés le même jour dans les villes voisines. La confusion s'accroît en outre de ce que la Lune doit avoir été *vue* par deux hommes dignes de foi pour qu'un mois puisse commencer, ce qui met souvent les solennités à la merci de circonstances accidentelles. Enfin l'année musulmane étant d'environ 11 jours plus courte que l'année tropique, qui seule règle le cours des saisons, il en résulte que le premier jour de l'année, le premier jour du mois de Moharrem, n'a aucune place fixe dans l'ordre des saisons ; qu'il revient plus de onze jours avant que la révolution du Soleil soit achevée, qu'il rétrograde tous les ans ; en d'autres termes, qu'il va graduellement du printemps à l'hiver, de l'hiver à l'automne, de l'automne à l'été et de l'été au printemps ; qu'enfin, dans le court intervalle de trente-quatre ans, il a successivement correspondu à toutes les saisons de l'année.

Pendant que nous comptons 33 ans, les Musulmans en comptent 34. Le Trésor turc s'est ému de cette anomalie, et il a trouvé que l'astronomie ne serait pas en désaccord avec les intérêts de l'État qui jusqu'alors payait les employés 34 fois en 33 ans ; aussi a-t-il accepté pour l'administration le calendrier julien.

CHAPITRE XVIII

ANNÉE CHINOISE

Dès la plus haute antiquité, plus de vingt siècles avant notre ère, les Chinois ont employé l'année de $365^j.25$, c'est-à-dire trois années successives de 365 jours chacune, et une quatrième année de 366 jours, comme dans le calendrier julien. Malheureusement les premiers Chinois ont cherché à plusieurs reprises à corriger l'inexactitude de ce système par des rectifications absolues, dont l'étendue n'a pas été mentionnée par l'histoire et qui reposaient en outre sur des observations imparfaites. Les anciens Chinois mesuraient l'année par son retour au solstice d'hiver dont ils déterminaient l'époque d'après les longueurs des ombres observées par le gnomon. Ils laissaient courir l'année de $365^j.25$ jusqu'à ce que les observations du gnomon fissent reconnaître qu'elle s'écartait notablement des passages du Soleil vrai au solstice; alors ils opéraient une réformation analogue à la réformation grégorienne de 1582. Les discontinuités qui en sont résultées dans la chronologie chinoise ne se sont pas renouvelées depuis l'an 206 avant notre ère. L'année solaire chinoise est divisée en mois lunaires. Les anciens Chinois avaient reconnu que dans dix-neuf années de $365^j.25$, il y avait 235 lunaisons et que par conséquent, après ce cycle, les mêmes phases de la Lune reviennent aux mêmes jours; ils avaient donc découvert la période dite de Méton (chap. XIII, p. 672).

Les années ordinaires des Chinois ont 12 mois ou 12 lunes, d'autres années convenablement placées, au nombre de 7, dans le cycle de 19 ans, ont 13 mois ou 13 lunes; les lunes intercalaires appartiennent aux années 3, 6, 9, 11, 14, 17 et 19 du cycle. Les lunes intercalaires, dit M. Biot, sont représentées par un caractère spécial qui est l'expression d'un rit religieux : « Dans la résidence impériale, il y a un palais carré, dont les quatre faces regardent les points cardinaux de l'horizon. Le contour de cet édifice est divisé en douze salles, consacrées aux douze lunes ordinaires. Au commencement de chaque lunaison, l'empereur va successivement offrir un sacrifice dans la salle correspondante. Lorsqu'il survient une lune intercalaire, le rit s'accomplit entre les deux battants de la porte qui ouvre le passage d'une salle à l'autre. »

CHAPITRE XIX

ANNÉE PERSANE AU XIe SIÈCLE

Les Persans avaient déjà adopté au XIe siècle une intercalation qui rapprochait beaucoup l'année civile de l'année astronomique, qui maintenait les équinoxes et les solstices aux mêmes jours de l'année civile. Voici en quoi elle consistait :

Trois années communes, ou de 365 jours, étaient suivies, sept fois de suite, d'une année de 366; mais la huitième fois, le 366e jour intercalaire ne s'appliquait plus à la quatrième année de la série : on attendait la cinquième pour opérer l'addition.

Quelle longueur d'année cette intercalation suppose-t-elle ?

Voici la réponse :

Les sept premières périodes forment un total de 28 ans ; la dernière en comprend 5 ; la somme entière est donc de 33. En 33 ans, les Persans intercalent 8 jours. Cela suppose, pour la partie fractionnaire de la longueur moyenne de l'année, pour la portion en sus de 365 jours, une valeur exprimée par $\frac{8^j}{33}$; or $\frac{8^j}{33} = 0^j.2424$.

10,000 années, dans le mode d'intercalation persan, comprennent donc...............	3,652,424 jours;
10,000 années astronomiques valent..........................	3,652,422j.64;
La différence n'est donc que de..	1j.36.

On verra que cette intercalation persane est d'une exactitude plus grande que celle du calendrier grégorien adopté aujourd'hui dans la plus grande partie de l'Europe et du nouveau monde.

CHAPITRE XX

RÉFORMATION GRÉGORIENNE — ANNÉE DES CHRÉTIENS DE L'ANCIEN ET DU NOUVEAU STYLE — ÉPOQUE DE L'ADOPTION DE LA RÉFORMATION CHEZ LES DIFFÉRENTS PEUPLES — DIFFÉRENCE ENTRE LES DATES DE L'ANNÉE JULIENNE ET DE L'ANNÉE GRÉGORIENNE — DATES DES RUSSES

Le concile de Nicée, en 325, croyait que le calendrier julien ramènerait toujours l'équinoxe de printemps au 21 mars, tant, disait-on, ses intercalations se trouvent exactement coordonnées avec la vraie longueur de l'an-

née solaire. Il n'en était rien cependant. La longueur de l'année que suppose la réforme julienne est de $365^{j}.25$; la longueur véritable de l'année est de $365^{j}.242264$. Voyons ce qui devait résulter de cette différence relativement à la position que le Soleil occupe, un jour donné, le 21 mars par exemple.

Si l'équinoxe est arrivé le 21 mars d'une année julienne, il arrivera l'année d'après un peu plus tôt d'une fraction de jour égale à la différence qui existe entre $0^{j}.250000$ et $0^{j}.242264$. Cette différence, si petite qu'elle soit, s'ajoutant à elle-même à la fin de chaque année, produira à la longue des jours entiers; la température dont on jouissait à l'origine le 21 mars s'observera donc successivement le 20, le 19, le 18, et ainsi de suite indéfiniment. On voit que l'effet est diamétralement opposé à celui qui résultait de l'emploi de l'année vague égyptienne qui, elle, était plus courte que l'année astronomique. Cette durée plus courte avait successivement transporté, on doit se le rappeler, au 22, au 23, au 24 mars la température du 21.

En conséquence de la différence qui existe entre l'année julienne de $365^{j}.25$ et l'année astronomique de $365^{j}.24264$, l'équinoxe dans le xve siècle anticipait déjà beaucoup sur la date que le célèbre concile lui avait assignée. Il fallait empêcher cette erreur de s'accroître, car elle aurait fini par rejeter en plein hiver une fête (celle de Pâques), dont la célébration, d'après les décisions ecclésiastiques, devait constamment suivre le 21 mars d'un nombre de jours variable, mais qui, dans les cas extrêmes, ne pouvait dépasser le 25 avril. Réformer le système d'intercalation julien était le seul moyen d'arriver au but.

Ce moyen, le cardinal Pierre d'Ailly le proposa, au concile de Constance et au pape Jean XXIII, dès l'année 1414. Vers la même époque, le cardinal Cusa écrivit aussi sur la matière. Antérieurement, Roger Bacon avait fait une proposition formelle à ce sujet. Le pape Sixte IV, voulant réaliser ces projets, appela auprès de lui Régiomontanus. La mort du célèbre astronome, arrivée à Rome en 1476, ajourna cette délicate affaire. Le concile de Trente, quand il se sépara en 1563, la recommanda très-expressément au pape. Enfin, Grégoire XIII réussit, en 1582, à opérer la réforme tant désirée, avec le concours d'un savant calabrais nommé Lilio.

Répétons-le, le but de cette réforme devait être de coordonner la longueur de l'année civile avec la longueur de l'année astronomique, en telle sorte que les jours de même dénomination correspondissent, terme moyen, aux mêmes températures, et que les travaux de l'agriculture pussent toujours être réglés par des dates empruntées à l'année civile.

La longueur de l'année julienne était de $365^{j}.25$ [1], tandis que la longueur de l'année astronomique, ou le temps que le Soleil emploie à revenir au même point de son orbite, à l'équinoxe de printemps, par exemple, n'est que de $365^{j}.242264$. L'intercalation julienne, fondée sur une longueur d'année exagérée, renfermait un trop grand

1. Sosigène, le collaborateur de César, ne devait pas ignorer qu'Hipparque, 120 ans avant notre ère, avait reconnu que l'année solaire était plus courte que 365 jours 1/4. Peut-être la différence, qui ne portait que sur les millièmes de jour, lui parut-elle négligeable.

nombre de bissextiles. Diminuer ce nombre d'une manière régulière, et en se rapprochant de la longueur de l'année solaire, tel devait être, et tel a été, en effet, le résultat de la réforme grégorienne.

Dans le calendrier julien, toute année dont le millésime est divisible par 4, est une année bissextile; les années séculaires, telles que 1600, 1700, 1800, 1900, sont conséquemment bissextiles, puisque tout nombre représenté par des chiffres significatifs suivis de deux zéros est divisible par 4. On imagina donc de supprimer ces bissextiles; mais alors on tombait dans le défaut contraire : le calendrier réformé grégorien n'eût pas renfermé un nombre suffisant de bissextiles. On para à ce défaut en rendant bissextiles les années composées d'un nombre de siècles divisible par 4. Dans ce système, trois années communes sont suivies d'une année bissextile, et trois années séculaires communes sont suivies aussi d'une année séculaire bissextile.

Ainsi, il n'y a de différence entre l'intercalation julienne et l'intercalation due au pape Grégoire XIII, que pour les années séculaires : 1600 (ou 16 siècles) se trouve une année bissextile dans les deux systèmes d'intercalation; 1700, 1800 et 1900, qui sont bissextiles dans le calendrier julien, ne le sont pas dans l'intercalation grégorienne. Mais en l'an 2000, 20 étant divisible par 4, on comptera 366 jours pour l'année, tant dans le calendrier julien que dans le calendrier grégorien, et ainsi de suite.

La règle à suivre pour savoir si une année séculaire est bissextile ou ne l'est pas, est très-simple. On efface les

deux zéros situés à droite du nombre qui exprime le millésime de cette année ; si les chiffres restants sont divisibles par 4, l'année est bissextile; si ces chiffres ne sont pas divisibles par 4, l'année est commune.

Voyons avec quel degré d'approximation la longueur de l'année que suppose l'intercalation grégorienne se rapproche de la longueur de l'année astronomique : 10,000 ans se composent en réalité de $3,652,422^{j}.64$; 10,000 ans, dans le calendrier julien, se composent de 3,652,500 jours.

Il y avait une différence de $77^{j}.36$ entre la durée réelle de 100 siècles et celle que suppose le calendrier julien.

Le calendrier julien renfermait donc un trop grand nombre d'années bissextiles; il fallait diminuer ce nombre. La première pensée qui dut se présenter, ainsi que nous l'avons déjà dit, fut de retrancher les bissextiles correspondantes à toutes les années séculaires, ou dont le millésime est composé d'un nombre rond de siècles; or, dans 10,000 ans, ou dans 100 siècles, il y a 100 années séculaires. Retranchant donc 100 de 3,652,500, il ne serait resté que 3,652,400, nombre inférieur de 22.64 à la durée de 10,000 ans, déterminée par les astronomes. Ainsi, en modifiant l'intercalation julienne par la suppression d'une bissextile dans toutes les années séculaires, on aurait trop retranché. On imagina alors de rétablir, toutes les 4 années séculaires, la bissextile que l'on eût ôtée de trop. Au lieu de supprimer 100, on essaya si l'on se rapprocherait assez de la longueur de l'année astronomique, en retranchant de celle que suppose l'intercalation julienne,

non plus 100, mais 100 moins 1/4 de 100, ou 75; alors on a pour 10,000 ans 3,652,425 jours. Il n'y a donc qu'une différence de 2j.36 dans 100 siècles entre l'année astronomique et l'année que suppose l'intercalation grégorienne.

En d'autres termes, au bout de 10,000 ans, la température moyenne correspondante à l'origine de la période, le 21 mars, si l'on veut, s'observerait le 18, de deux à trois jours plus tôt. Les travaux de l'agriculture, en leur supposant cette fixation rigoureuse, ne se trouveraient déplacés, après 100 siècles, que du court intervalle de deux à trois fois vingt-quatre heures. La réforme grégorienne satisfait donc, avec toute l'exactitude nécessaire, au but qu'on doit se proposer dans tout système d'intercalation.

A quoi il faut ajouter que cette intercalation est assujettie à des règles très-simples et qui permettent de transformer facilement en jours une durée quelconque exprimée en années grégoriennes.

En 1582, époque de la mise en pratique de la réforme grégorienne, on ne se contenta pas de pourvoir aux besoins de l'avenir, on voulut ramener les choses à l'état où elles étaient à l'époque du concile de Nicée; et, comme l'équinoxe, fixé au 21 mars par les prélats qui composaient ce concile, avait anticipé sur cette date et arrivait le 11 mars, on décida de supprimer dix jours et d'appeler le lendemain du 4 octobre, jour de Saint-François, au lieu du 5, le 15 octobre. Telle est l'origine de la différence primitive de dix jours qui a longtemps existé entre les dates pour les pays où la réforme grégorienne fut

adoptée et les contrées protestantes ou soumises à la religion grecque. Cette différence distingue l'ancien style du calendrier chrétien du style nouveau. Cette différence de dix jours ne s'augmenta pas en 1600, qui fut une année bissextile à la fois dans le calendrier julien et dans le calendrier grégorien; mais, suivant les règles énoncées plus haut, elle s'accrut d'un jour en 1700, et d'un autre jour en 1800, ce qui fait un total de 12, différence actuelle entre les dates des Russes qui ont conservé le calendrier julien, et les dates des autres peuples de l'Europe.

La réforme grégorienne, quoi qu'on en ait pu dire, ne fut pas adoptée immédiatement et sans résistance, même dans les pays catholiques. Dans les pays protestants, suivant la remarque d'un érudit : « On aima mieux ne pas être d'accord avec le Soleil, que de l'être avec la cour de Rome. »

Scaliger contribua beaucoup par ses critiques, par ses déclamations plus ou moins fondées, à empêcher les pays non catholiques d'adopter la réforme grégorienne.

A Rome, la réformation commença le 5-15 octobre 1582, selon le décret;

En France, le 10-20 décembre de la même année 1582;

En Allemagne, dans les pays catholiques, en 1584, à la suite des pressantes sollicitations de Rodolphe II; dans les pays protestants, en 1600, le 19 février-1er mars.

Le Danemark, la Suède, la Suisse, suivirent l'exemple de l'Allemagne. Quelques villages seulement de l'Helvétie résistèrent, et il fallut, pour les réduire, recourir à des amendes et à la force armée.

La Pologne reçut la réforme en 1586, malgré une sédition que le changement avait fait naître à Riga.

Enfin, l'Angleterre se décida à l'adopter en 1752, le 3-14 septembre. La différence entre les deux calendriers était alors de 11 jours à cause de l'année 1700 qui avait été bissextile suivant le calendrier julien, et commune dans le style grégorien.

CHAPITRE XXI

COMMENCEMENT DE L'ANNÉE

Là où l'année ne se composait que de 354 ou de 355 jours, là où on avait réglé sa longueur sur le cours de la Lune, le commencement devait successivement correspondre à toutes les saisons. Il serait donc sans intérêt de chercher quels étaient les premiers mois de ces années lunaires.

Venons aux nations modernes en possession de l'année solaire. Elles ont eu cinq manières principales et différentes de la commencer.

Les unes prirent pour ce commencement le 25 décembre, de Noël, jour de la naissance de Jésus-Christ.

D'autres choisirent le 1er janvier : c'est la pratique en usage aujourd'hui.

On en peut citer qui fixèrent invariablement le premier jour de l'an au 1er mars.

On en trouve d'autres où ce premier jour était le 25 mars, jour de l'Annonciation.

Enfin, quoique la fête de Pâques soit mobile, quoiqu'elle

puisse correspondre à tous les jours compris entre le 22 mars et le 25 avril, le jour de Pâques a été, chez quelques peuples, le jour initial.

Citons des exemples en témoignage de ce que nous venons de rapporter.

1er jour de l'an à Noël......	En France, du temps de Charlemagne.
Au 1er janvier.	Pratique reprise en Allemagne vers 1500; prescrite en France par un édit de Charles IX, en 1563; adoptée en Angleterre pour commencer l'année 1752.
Au 1er mars...	En France, vers l'année 755.
Au 25 mars...	En Angleterre jusqu'à l'année 1752.
A Pâques.....	Usage commun en France sous les rois capétiens, presque général au XIIe et au XIIIe siècle.

Le même acte législatif qui, en Angleterre, substitua le calendrier grégorien au calendrier julien, réduisit de près d'un quart la longueur de l'année 1751. L'année 1751, comme les années précédentes, avait commencé, en Angleterre, le 25 mars. C'était donc à partir du 25 mars qu'on aurait dû changer le millésime; on le changea plus tôt afin de se trouver d'accord avec les nations du continent. L'année anglaise 1751 ne s'acheva pas; dès le 1er janvier 1751, on compta 1752 : l'année 1751 perdit ainsi son mois de janvier, son mois de février tout entiers, et les vingt-quatre premiers jours de mars. Ceci fait comprendre comment lord Chesterfield, le promoteur du bill, faillit devenir victime de la colère du peuple; pourquoi on le poursuivait partout aux cris répétés de : *rendez-nous nos trois mois*. On se serait peut-être résigné à perdre les 11 jours qui furent supprimés en sep-

tembre 1752; mais peu de personnes consentaient, même quand tout disait que c'était là une simple apparence, à vieillir subitement de trois mois entiers.

Ce changement dans le commencement de l'année 1752, explique la double date qu'on trouve dans beaucoup d'écrits publiés chez nos voisins, dans les mois de janvier, février et mars. Ces écrits portent, par exemple, 15 février $\frac{1751}{1752}$, ce qui veut dire 15 février 1751, vieux style, ou ancienne manière de commencer les années au 25 mars, et 1752, nouveau style, ou suivant la méthode prescrite par le Parlement, et adoptée depuis ce temps-là, qui fixe le commencement de l'année au 1er janvier.

La pratique de faire commencer l'année à Pâques rendait les années inégales à ce point, par exemple, qu'on avait deux mois d'avril presque complets dans une seule année. Témoin, l'année 1347 qui avait commencé le 1er avril et ne s'était terminée qu'à la pâque suivante, qui tomba le 20 avril. Cette année 1347 avait donc eu : deux 1er avril, deux jours nommés 2 avril, deux 3 avril... deux 19 et deux 20 avril !

Les Grecs, après avoir adopté le 25 mars pour le commencement de l'année, comme les Anglais, revinrent ensuite à la date du 1er septembre, suivie par les Russes jusqu'au règne de Pierre le Grand. Depuis cette époque, les Russes commencèrent l'année le 13 janvier de notre année.

L'Église répugna longtemps à choisir pour origine de l'année un jour portant le nom d'une divinité païenne : le nom de *Janus*. Cependant on finit par trouver plus com-

mode que le premier jour de l'année fût aussi un premier de mois, et le 1er janvier l'emporta sur le 25 décembre en France, en Espagne, en Italie, en Allemagne, en Angleterre, en Amérique, etc.

CHAPITRE XXII

COMMENCEMENT DE L'ANNÉE DANS LE CALENDRIER RÉPUBLICAIN

Suivant le calendrier républicain adopté en 1793, le commencement de l'année devait peu s'éloigner de l'anniversaire de la proclamation de la République. L'équinoxe d'automne arrive dans l'une des vingt-quatre heures d'un certain jour; ce jour commençant à minuit fut regardé comme le 1er vendémiaire ou le premier jour de l'année républicaine.

Les astronomes eussent déterminé l'instant de ce phénomène en se servant des meilleures Tables; c'est en vertu de cette détermination qu'un décret spécial aurait fixé le commencement de l'année.

Pour les années où l'on devait compter un sixième jour complémentaire, ce commencement n'était donc pas donné d'avance. En 1806, époque où l'on renonça au calendrier républicain pour revenir à celui de Jules César modifié par Grégoire XIII, on fit justement remarquer que si l'équinoxe d'automne arrivait très-près du minuit de Paris, les calculateurs consciencieux, prenant en considération les petites incertitudes que les meilleures Tables comportent, n'auraient pu décider si c'était avant ou après cet instant que le Soleil, allant du nord au midi,

passait réellement par le plan de l'équateur. Il y aurait donc eu, dans ce cas, doute d'un jour entier sur le commencement de l'année.

Delambre a fait la remarque que, d'après les Tables connues, on n'aurait pu décider quel jour commencerait l'année 144 de l'ère républicaine.

Les fondateurs du calendrier républicain, en faisant dépendre le commencement de l'année d'un calcul relatif au méridien de Paris, devaient, par cela seul, être certains, pour peu qu'ils connussent le cœur humain et les sentiments invétérés de nationalité, que leur calendrier ne serait pas généralement adopté.

N'avaient-ils pas devant les yeux les difficultés insurmontables qu'on a rencontrées lorsque, dans l'intérêt de la science, il a été question d'amener les divers peuples à compter les longitudes terrestres à partir du même méridien?

CHAPITRE XXIII

OLYMPIADES ET LUSTRES

Les Grecs ont divisé le temps en périodes intermédiaires entre l'année et le siècle; ils appelaient *olympiade* la réunion de quatre années, soit qu'il y eût ou qu'il n'y eût pas dans le nombre une année embolismique ou intercalaire.

Les Romains comptaient très-anciennement par lustres. Le lustre, d'après une discussion savante des textes, due à Daunou, semble avoir désigné d'abord une réunion de quatre années comme les olympiades; ce n'est que plus

tard que lustre signifia cinq ans. Cette valeur est celle adoptée généralement par les modernes.

CHAPITRE XXIV

INDICTION

On ne connaît pas d'une manière précise l'étymologie du mot *indiction;* on sait seulement que ce terme était employé pour indiquer les ajournements accordés par les tribunaux sous Constantin.

L'indiction est une période de quinze années juliennes, suivant laquelle les historiens et les chronologistes ont quelquefois compté les dates des événements.

On ne sait pas avec certitude quel est le fondateur de l'indiction; l'idée que Constantin l'établit pour ne pas continuer à compter suivant la division païenne des olympiades, quoique fort répandue, ne repose sur aucun texte précis.

Il est seulement constaté que cette invention n'est point antérieure à Constantin, ni postérieure au ve siècle. L'indiction ou période de quinze années n'a jamais eu pour objet de coordonner le mouvement du Soleil avec celui de la Lune; c'est tout simplement une période de pure convention dont la longueur est intermédiaire entre les olympiades des Grecs, les lustres des Romains et le siècle.

On suppose, dans les calculs par indiction, que ce cycle a commencé trois ans avant notre ère; il faut toutefois remarquer qu'il n'a pas toujours eu pour origine la

même date de l'année julienne, ce qui amène de petites différences dans les résultats. Les papes, depuis Grégoire VII, ont fait commencer cette période au 1er janvier de l'année 313, et les dates qui se rapportent à cette supposition portent le nom d'*indiction romaine*. Jusqu'à la fin de 1842 il s'est écoulé 102 cycles de 15 ans; le 103e a commencé en 1843 pour finir avec 1857.

CHAPITRE XXV

SIÈCLE

Le siècle est la plus grande somme d'années dont le public, les astronomes et les chronologistes soient généralement convenus de faire usage dans la division du temps.

Le mot *siècle* n'a pas toujours eu la même signification. Chez les Romains, on distinguait les siècles naturels en rapport avec la vie humaine et les siècles civils. Les premiers ont été portés par divers écrivains à 25 ans, 30 ans, 112 et 116 ans.

Pline appelle siècle une période de 30 ans.

Quant aux siècles civils, ils n'ont pas la même étendue dans tous les auteurs : Horace les évalue à 110 ans.

Maintenant, d'un consentement unanime, siècle signifie une période de 100 ans.

CHAPITRE XXVI

DES ÈRES

Quoique le choix des ères ait rarement été dicté par des considérations empruntées à l'astronomie, je donnerai ici quelques détails sur ce sujet, parce que le mot *ère* figure inévitablement dans tous les calendriers.

L'étymologie du mot *ère* est fort controversée. Les uns le font dériver du grec, d'autres du latin. Il en est qui trouvent sa racine dans la langue arabe. Enfin on a été jusqu'à ne voir dans ère (qui s'écrivait aussi *æra*) que les quatre initiales de la formule *ab exordio regni Augusti*, en abrégé A. E. R. A.

CHAPITRE XXVII

ÈRE DU MONDE

L'idée d'établir une ère qui coïncidât avec la naissance du monde et qui dispensât de recourir, pour les événements très-anciens, à des périodes ascendantes, était fort naturelle. Elle naquit au sein de l'église chrétienne, sinon dans les temps apostoliques, du moins à une date assez reculée. Malheureusement, le texte hébreu de la Bible, le texte samaritain et la version grecque des Septante, offrent des variantes. De là des différences très-notables entre les supputations, ou, si l'on veut, entre les conceptions imaginaires de ceux qui se sont occupés de la fixation de cette ère mondaine.

Prenez Jules Africain, et l'ère du monde, dite *Alexandrine*, remontera, à partir de l'ère chrétienne, à l'an.......	5500
Consultez l'auteur de l'ère dite *d'Antioche*, le moine Panodore, et il fixera le commencement du monde à............	5493
L'ère mondaine des Grecs, dite *de Constantinople*, correspond à....................................	5509
Scaliger, par une discussion particulière des textes, trouvait..	3950
Le père Pezron..	5873
Usher (dit Usserius) trouva............................	4004

Ce dernier nombre est celui qu'ont adopté Bossuet et Rollin [1].

Nous ne pousserons pas plus loin ce tableau, dans lequel nous pourrions inscrire jusqu'à deux cents manières différentes de compter par ans du monde.

CHAPITRE XXVIII

ÈRE OLYMPIQUE OU DES OLYMPIADES

L'ère la plus généralement adoptée des olympiades remonte à l'an 776 avant la naissance de Jésus-Christ. C'est l'année où Corœbus fut vainqueur aux jeux olympiques, jeux établis, disait-on, par Hercule, et depuis longtemps interrompus. De la reprise des jeux, en 776, data l'inscription solennelle du nom des vainqueurs sur des registres officiels [2].

La première olympiade commença 775 ans 1/2 avant

1. L'historien juif Josèphe donnait aux temps antérieurs à notre ère, une durée de 4,163 ans. D'autres historiens juifs firent remonter l'ère du monde jusqu'à 6,524 ans avant l'ère chrétienne.

2. Le *Corœbus* dont il est question ici obtint le prix de la course. C'était un cuisinier.

Jésus-Christ; on a le millésime d'une année quelconque des olympiades en ajoutant 776 ans au millésime de l'année grégorienne ; l'année d'une olympiade commence en juillet.

CHAPITRE XXIX

ÈRE DE LA FONDATION DE ROME

Cette ère n'a pas besoin de définition. Adoptant l'opinion de Varron, sur un événement dont la date était, de sa nature, très-incertaine, les modernes se sont assez généralement accordés à admettre que Rome existait depuis 753 ans lorsque Jésus-Christ naquit. Notre ère commença donc avec la 754ᵉ année de Rome. Il faut ajouter 753 ans à l'année grégorienne pour avoir le millésime de l'année datant de la fondation de Rome.

CHAPITRE XXX

ÈRE DE NABONASSAR

L'ère de Nabonassar s'ouvrit 747 ans avant la naissance de Jésus-Christ.

On ne peut pas dire, avec certitude, que cette ère ait été instituée pour marquer la date de quelque événement important, au point de vue social, politique ou militaire. Rien ne prouve que la fondation du royaume de Babylone, avec un des débris de l'empire des Assyriens, après la mort de Sardanapale, doive être attribuée à Nabonassar; rien n'établit que ce prince doive être considéré

comme le chef, comme le premier d'une nouvelle dynastie, rien ne constate qu'on lui ait dû l'introduction en Chaldée de l'année égyptienne. Nabonassar fut un souverain obscur. Les astronomes anciens, et Ptolémée en particulier, ont fait sa gloire en prenant l'ère qui porte son nom pour point de départ de leurs calculs. On obtient la correspondance d'une année grégorienne avec une année datant de l'ère de Nabonassar en ajoutant 747 au millésime de notre année.

CHAPITRE XXXI

ÈRE CHRÉTIENNE

Pendant plus de cinq siècles les chrétiens n'eurent point d'ère particulière. L'ère chrétienne fut proposée, pour la première fois, en 532, par un moine de l'Église romaine, né en Scythie, et nommé, à cause de sa très-petite taille, Denys le Petit.

Denys supposa que Jésus-Christ était venu au monde le 25 décembre de l'an de Rome 753. L'année suivante, l'année 754 de Rome, devint la première de l'ère dionysienne. Cette première année, même dans les idées de Denys, n'était donc pas celle de la naissance de Jésus-Christ. Son commencement était postérieur à la date de la naissance de 7 jours.

CHAPITRE XXXII

ÈRE MAHOMÉTANE OU DE L'HÉGIRE

L'*hégire* correspond à l'an 622 de l'ère chrétienne.

Le mot *hégire* signifie *fuite*. C'est, en effet, du 16 juillet 622, époque à laquelle Mahomet s'enfuit de la Mecque pour se réfugier à Médine, que date l'ère musulmane. Il peut paraître, au premier abord, extraordinaire qu'on ait choisi cette circonstance comme le point culminant de la vie du prophète ; mais, ainsi que le remarque Voltaire, Mahomet ne fut jamais plus grand qu'à l'époque où, fugitif la veille, il devint le lendemain conquérant.

L'année mahométane étant entièrement fondée sur le mouvement de la Lune, on ne peut exprimer une époque en années de l'hégire qu'à l'aide de calculs assez compliqués qu'on a cherché à faciliter à l'aide de tables construites à cet effet.

CHAPITRE XXXIII

ÈRE DU CALENDRIER RÉPUBLICAIN

Les créateurs du nouveau calendrier qui a été en usage en France pendant treize années prirent pour ère le 22 septembre 1792, date de la fondation de la République.

CHAPITRE XXXIV

FÊTES MOBILES DU CALENDRIER ECCLÉSIASTIQUE CHRÉTIEN — FÊTE DE PAQUES

On donne le nom de computistes à ceux qui s'occupent des calculs relatifs au calendrier ecclésiastique.

Les fêtes religieuses principales sont réglées sur les mouvements de la Lune et par conséquent elles ne correspondent pas chaque année aux mêmes dates, elles sont mobiles.

La Résurrection avait suivi de près l'équinoxe; on voulut donc célébrer Pâques vers l'époque où ce phénomène astronomique arrive.

La Résurrection suivit une pleine Lune; il parut alors convenable de faire intervenir la marche de notre satellite dans la fixation du jour de Pâques.

Voici comment la fête de Pâques se détermine pour une année quelconque. On suppose que, dans toutes les années, l'équinoxe arrive le 21 mars. On cherche quel jour, après l'équinoxe, la première pleine Lune a lieu: Le dimanche de Pâques est celui qui suit immédiatement cette pleine Lune. Il résulte de là que Pâques ne peut pas arrriver plus tôt que le 22 mars, car la règle dit que ce sera le premier dimanche après la pleine Lune, si cette pleine Lune arrive le 21 ou après le 21 mars.

L'autre limite, ou la date la plus tardive où l'on puisse célébrer cette même fête, est le 25 avril. En effet, si la pleine Lune tombe le 20 mars, ce ne sera pas la Lune pascale, cette pleine Lune arrivera le 18 avril; et si c'est

un dimanche, ce ne sera que le dimanche suivant 25 avril, que Pâques pourra être célébré. La fête de Pâques a été célébrée le 22 mars, en 1598, 1693, 1761, 1818, et le sera en 2285. Elle a été célébrée le 25 avril, en 1666, 1734, et elle reviendra à cette même date en 1886, 1943, 2038, 2190, etc.

Du 22 mars au 25 avril, ces deux termes compris, il y a 35 jours. Pâques peut donc occuper trente-cinq places différentes.

Les fêtes mobiles, telles que l'Ascension, la Pentecôte, la Trinité, la Fête-Dieu, etc., celles dont les positions dans l'année sont toujours séparées par un nombre déterminé de jours de la fête de Pâques, peuvent varier dans les mêmes limites de 35 jours.

Lorsque, pour la première fois, on adopta la règle d'après laquelle on fixe le jour de Pâques, on avait, sur le mouvement de la Lune et du Soleil, des idées que les observations n'ont pas confirmées; néanmoins, on détermine la Lune pascale d'après ces idées préconçues, en se servant de périodes que nous indiquerons plus tard, réglées sur le nombre d'or, les épactes, etc.

Cette Lune pascale, cette Lune conventionnelle, peut arriver à son plein un jour ou deux avant ou après la Lune vraie ou la Lune moyenne astronomique. De là, de fréquentes réclamations du public. Il ne sait pas généralement que Pâques se règle sur une Lune fictive, imaginaire, et non sur la Lune réelle ; il accuse d'ignorance, ou tout au moins d'inattention, les astronomes qui, d'après le témoignage de ses yeux, l'induisent maladroitement à célébrer Pâques un mois trop tard. Cependant les astro-

nomes ne sont pour rien dans ces erreurs ou plutôt dans ces irrégularités.

Ainsi, en 1798, Pâques aurait dû être célébré, d'après la marche réelle de la Lune, le dimanche 1er avril; il ne le fut que le dimanche d'après. Citons un second exemple : en se réglant sur la Lune visible en 1818, la fête de Pâques aurait dû être célébrée le 29 mars; elle le fut le 22, en prenant pour régulateur la Lune fictive.

On se demande souvent s'il n'eût pas été plus naturel de prendre pour guide la Lune vraie au lieu de la Lune moyenne.

Examinons cette question. Le temps théorique où la Lune vraie est nouvelle dépend des Tables astronomiques employées qui vont sans cesse en se perfectionnant; le résultat annoncé sur certaines Tables eût été démenti par des Tables nouvelles; l'époque de la célébration de Pâques n'aurait pas ainsi été déterminée à l'avance avec certitude. Cet inconvénient légitime complétement le choix qu'on a fait d'une Lune moyenne appelée Lune ecclésiastique, pour régler la fête de Pâques.

A ces raisons péremptoires, nous en ajouterons une autre qui n'a pas à nos yeux la même valeur. Suivant Clavius, il n'eût pas été permis de fixer la célébration de la fête de Pâques d'après la Lune réelle, car, dit-il, cette fête aurait eu lieu en même temps que la Pâque des Juifs, ce qui eût été indécent.

Les complications sans nombre qu'on remarque dans le calendrier ecclésiastique tiennent à ce qu'on n'a pas voulu s'en rapporter exclusivement à l'année solaire. Cependant (Clavius lui-même le reconnaît) l'Église aurait

eu le droit en 1582 d'ôter au jour de Pâques le caractère de fête mobile, et de le fixer invariablement, par exemple, au premier dimanche d'avril.

Il ne peut être de notre sujet d'indiquer ici les formules à l'aide desquelles Gauss, par exemple, a donné les moyens de déterminer le jour où, en se conformant aux règles prescrites par l'Église, on devra célébrer la fête de Pâques. Ces calculs ont déjà été effectués avec certitude pour un très-grand nombre d'années; les répéter, n'aurait donc d'autre objet que de satisfaire la curiosité du calculateur.

CHAPITRE XXXV

USAGE DES NOMBRES D'OR POUR FIXER LES DATES DES FÊTES DE L'ÉGLISE

Nous avons déjà fait connaître en son lieu (chap. XIII, p. 673), le rapport simple que Méton avait cru pouvoir établir entre la durée de l'année astronomique et celle des lunaisons. Nous avons vu que, suivant lui, 19 années astronomiques formaient un nombre de jours égal à celui qui compose 235 mois lunaires synodiques, en sorte qu'après une révolution de 19 années, des phases quelconques de la Lune devaient se reproduire aux mêmes jours de l'année solaire, aux jours de même dénomination.

Supposez que, d'après Méton, on partage le temps en périodes successives de 19 ans chacune, et que la pleine Lune, dans une de ses périodes, soit arrivée, par exemple, le 3 mars de la cinquième année, ce sera le 3 mars de la cinquième année de toutes les périodes suivantes qu'il

y aura encore pleine Lune ; il en sera de même de toutes les autres phases. Il suffira donc d'avoir observé ces phases dans une première période de 19 ans pour être en mesure de les prédire dans les autres périodes de la même durée qui suivent la première à un intervalle quelconque.

Les nombres de la première période et les nombres correspondants de toutes les autres s'appellent les nombres d'or.

Les nombres d'or varient donc de 1 à 19 inclusivement.

C'est à l'aide des nombres d'or et des observations de la Lune faites dans une première période de 19 ans, qu'avant le concile de Nicée on déterminait pour une année quelconque les phases lunaires. On était convenu de faire correspondre le premier jour de la première année d'une période de 19 ans ou de Méton à une nouvelle Lune. Les périodes sur lesquelles l'Église a établi ses calculs ne sont pas la continuation des périodes employées antérieurement ; il y a entre les deux séries une lacune.

CHAPITRE XXXVI

ÉPACTES — COMPUT ECCLÉSIASTIQUE

Le mot épacte vient d'un mot grec qui signifie nombre additionnel ; il a la même racine que le mot épagomène.

A l'époque du concile de Nicée on imagina, pour calculer les nouvelles Lunes et conséquemment les pleines Lunes, dont les dates fixent celles de la célébration des fêtes de Pâques, un procédé particulier. Ce procédé n'oblige pas de recourir à des observations antérieures

de cet astre, comme celui de Méton ou des nombres d'or ; on l'a appelé méthode des épactes.

Si l'on connaît l'âge de la Lune le premier jour d'une année, on peut facilement déterminer tous les jours de cette même année où la Lune sera nouvelle ou pleine. Pour l'usage du calendrier ecclésiastique, il suffit donc de trouver l'âge de la Lune le 1er janvier de chaque année; c'est cet âge qu'on appelle l'épacte.

Voici comment le concile de Nicée régla la succession des épactes :

Si la Lune a été nouvelle à minuit le 1er jour de l'année, elle le sera encore le 355e jour de cette même année, puisque 12 lunaisons se composent de 354 jours; et, si l'année est commune, la Lune aura 11 jours quand la nouvelle année commencera. Ce nombre 11 sera l'épacte de la seconde année; ce nombre 11 servira à déterminer toutes les nouvelles Lunes de cette année-là.

Puisque 354 jours constituent 12 lunaisons, au 355e jour de la seconde année l'âge de la Lune sera de 11 jours: 11 jours plus tard, ou au commencement de la troisième, l'âge de la Lune sera 22; 22 sera donc l'épacte de la troisième année.

Au 355e jour de la troisième année l'âge de la Lune sera encore 22; 11 jours plus tard, ou au commencement de la quatrième, l'âge de la Lune aura atteint 33, ce qui veut dire qu'on a compté une treizième lunaison dans l'année précédente, et que 3 est l'épacte de la quatrième année. En ajoutant ainsi toujours 11 jours à l'épacte d'une année, et retranchant 30 lorsque la somme dépasse ce nombre, on obtient l'épacte de l'année sui-

vante. Ainsi la série des épactes correspondantes à une suite de 19 années, ou au cycle de Méton, est :

Nombres d'or.	Épactes.
1	*
2	XI
3	XXII
4	III
5	XIV
6	XXV
7	VI
8	XVII
9	XXVIII
10	IX
11	XX
12	I
13	XII
14	XXIII
15	IV
16	XV
17	XXVI
18	VII
19	XVIII

Comme on vient de prendre pour le premier jour de la première année d'un des cycles de Méton, celui où arrivait une nouvelle Lune, il s'ensuit que dans le passage de la dix-neuvième épacte d'un cycle à la première épacte du cycle suivant, au lieu d'ajouter 11 on ajoute 12 ; cette addition corrige à peu près ce qu'il y a d'erroné dans la double supposition que 12 lunaisons font exactement 354 jours et dans celle que l'année est de 365.

On voit, par les détails précédents, qu'il y a une liaison nécessaire entre l'épacte et le nombre d'or, et que l'un de ces éléments du comput ecclésiastique étant donné, on peut immédiatement trouver l'autre. Si le

nombre d'or est 4, l'épacte sera celle qui correspond à la quatrième année, ou 3; si l'épacte est 9, comme cette épacte correspond à la dixième année, le nombre d'or sera 10.

Le cours régulier des épactes s'est trouvé modifié par les années intercalaires du calendrier julien ou du calendrier grégorien.

Lorsque le pape Grégoire XIII établit la réforme qui porte son nom, il ne s'éloigna jamais, sans une nécessité absolue, de ce qui avait été établi en 325 au concile de Nicée. C'est ainsi qu'il conserva les règles prescrites alors, et que nous venons de faire connaître, pour trouver au commencement de chaque année solaire le moment de la nouvelle Lune moyenne, par conséquent le moment de la pleine Lune qui se déduit du premier, et, par suite, celui de la fête de Pâques. Il faut remarquer que les épactes ecclésiastiques donnant les nouvelles Lunes moyennes, peuvent différer d'un jour, de deux jours, des calculs astronomiques relatifs aux phases de la Lune vraie.

CHAPITRE XXXVII

LETTRES DOMINICALES — CALENDRIERS PERPÉTUELS

On a de très-bonne heure joint aux livres d'église ou de prières un calendrier perpétuel : on appelle ainsi un calendrier qui peut servir toutes les années. Il se compose de colonnes verticales dans lesquelles figurent les jours de chaque mois par leur rang : 1, 2, 3, 4, etc. Dans une colonne à droite se trouvent inscrites les fêtes fixes, les

fêtes qui se célèbrent à des dates déterminées. Il était difficile de ne pas placer dans ce calendrier les jours de la semaine correspondants aux jours du mois, et faisant connaître à quelle époque le dimanche, fête mobile, devait être célébré; mais l'année de 365 jours est égale à 52 semaines, ou 7 fois 52 plus 1; par conséquent, dans la durée d'une année il s'écoule 52 semaines, et 1 jour de surplus. Si une année a commencé par un dimanche, le 365e jour sera donc aussi un dimanche, et l'année suivante commencera par un lundi; la troisième année commencera par un mardi, et ainsi de suite. Supposons donc qu'à gauche de la colonne verticale des nombres, on eût placé les noms correspondants de la semaine pour une année déterminée, ces indications n'auraient pu servir l'année d'après; il aurait fallu les effacer et les remplacer par de nouveaux noms. Si dimanche avait été le nom inscrit en face du 1er janvier une année, l'année suivante le mot lundi aurait remplacé le mot dimanche, et ainsi de suite.

C'est uniquement pour éviter ces substitutions de noms à d'autres noms, qui eussent ôté à ces tableaux le caractère qui doit appartenir à tous ceux dont se compose un calendrier perpétuel; c'est pour obvier aux maculatures sans fin qui seraient résultées de ces écritures renouvelées chaque année sur une feuille imprimée, qu'on a imaginé le système des lettres dominicales. Ce système n'a aucun rapport avec les théories astronomiques: le but mesquin indiqué plus haut l'a seul fait imaginer. A l'imitation de ce que l'on trouve dans les plus anciens calendriers perpétuels romains pour la détermination des *nun-*

dinales, ou jours de foire, on se décida à désigner les jours par la série des sept premières lettres de l'alphabet, lesquelles, du 1er janvier au 31 décembre, se reproduisent toujours dans le même ordre.

La lettre A désigne *invariablement* le premier jour de l'année, le 1er janvier : sans cela on serait tombé dans l'inconvénient qu'il fallait éviter ; le calendrier n'eût pas été *perpétuel.* La lettre B correspond au second jour ; la lettre C au troisième, et ainsi de suite jusqu'à la lettre G, qui se trouve vis-à-vis du septième jour. Parvenue à ce terme, la série recommence par la lettre A qu'on place en face du quantième 8 janvier, par la lettre B qui correspond au 9, etc.

Supposons qu'une année commence par un dimanche : la lettre A sera la dominicale de cette année ; partout où l'on verra la lettre A, le quantième correspondant sera donc un dimanche : mais nous avons vu que si une année commence par un dimanche, elle finira aussi par ce même jour.

Le 1er janvier de l'année suivante sera un lundi ; la lettre A dans le tableau invariable correspondra donc à un lundi. Dans l'ordre alphabétique A, B, C, D, E, F, G, on trouvera G pour le dimanche ; G représentera donc la lettre dominicale de la seconde année : partout où dans le calendrier perpétuel on verra la lettre G, le quantième correspondant sera un dimanche. La seconde année ayant commencé par un lundi, finira par un jour de même dénomination, la troisième année commencera par un mardi ; la lettre A, affectée invariablement au premier jour de janvier, correspondra donc à mardi. Ainsi ce sera

cinq jours après qu'on trouvera le dimanche ; pour assigner la dominicale, il faudra compter cinq lettres à partir de A, ce qui conduira à la lettre F, qui deviendra ainsi la dominicale de la troisième année. Les lettres A, B, C, D, E, F, G, sont ainsi affectées dans l'ordre inverse G, F, E, D, C, B, A, aux dominicales des années successives. Après sept ans révolus, ou au commencement de la huitième année, la lettre A redeviendra dominicale, et tout se reproduira dans le même ordre. On doit remarquer que ces raisonnements, ces calculs, reposent sur l'hypothèse que la longueur de l'année est de 365 jours, ou ne surpasse que d'un seul jour 52 semaines; mais les années bissextiles, ou de 366 jours, excèdent de deux jours les 52 semaines. Cet excès doit déranger l'ordre des lettres affectées aux divers quantièmes des mois dans les calendriers perpétuels; ainsi le 366ᵉ jour étant placé après le 28 février, ce jour intercalaire, ou 29 février, usurpe la lettre qui sans cela aurait été devant le 1ᵉʳ mars. Les années bissextiles comptent donc deux lettres dominicales, l'une commençant en janvier et finissant en février, l'autre pour mars et les mois suivants jusqu'à la fin de décembre.

C'est pour venir en aide aux personnes qui veulent se servir des calendriers perpétuels annexés aux livres d'église que chaque année l'*Annuaire du bureau des longitudes* continue à donner les lettres dominicales. Voici le calendrier perpétuel grégorien des épactes et des lettres dominicales pour trouver les nouvelles lunes, les jours de la semaine et la fête de Pâques dont les autres fêtes mobiles sont séparées par un nombre de jours déterminé.

Jours du mois	JANVIER Let. dom.	JANVIER ÉPACTES	FÉVRIER Let. dom.	FÉVRIER ÉPACTES	MARS Let. dom.	MARS ÉPACTES	AVRIL Let. dom.	AVRIL ÉPACTES	MAI Let. dom.	MAI ÉPACTES	JUIN Let. dom.	JUIN ÉPACTES
1	A	*	D	xxix	D	*	G	xxix	B	xxviii	E	xxvii
2	B	xxix	E	xxviii	E	xxix	A	xxviii	C	xxvii	F	xxvi
3	C	xxviii	F	xxvii	F	xxviii	B	xxvii	D	xxvi	G	xxv.xxiv
4	D	xxvii	G	xxvi	G	xxvii	C	xxvi	E	xxv	A	xxiii
5	E	xxvi	A	xxv.xxiv	A	xxvi	D	xxv.xxiv	F	xxiv	B	xxii
6	F	xxv	B	xxiii	B	xxv	E	xxiii	G	xxiii	C	xxi
7	G	xxiv	C	xxii	C	xxiv	F	xxii	A	xxii	D	xx
8	A	xxiii	D	xxi	D	xxiii	G	xxi	B	xxi	E	xix
9	B	xxii	E	xx	E	xxii	A	xx	C	xx	F	xviii
10	C	xxi	F	xix	F	xxi	B	xix	D	xix	G	xvii
11	D	xx	G	xviii	G	xx	C	xviii	E	xviii	A	xvi
12	E	xix	A	xvii	A	xix	D	xvii	F	xvii	B	xv
13	F	xviii	B	xvi	B	xviii	E	xvi	G	xvi	C	xiv
14	G	xvii	C	xv	C	xvii	F	xv	A	xv	D	xiii
15	A	xvi	D	xiv	D	xvi	G	xiv	B	xiv	E	xii
16	B	xv	E	xiii	E	xv	A	xiii	C	xiii	F	xi
17	C	xiv	F	xii	F	xiv	B	xii	D	xii	G	x
18	D	xiii	G	xi	G	xiii	C	xi	E	xi	A	ix
19	E	xii	A	x	A	xii	D	x	F	x	B	viii
20	F	xi	B	ix	B	xi	E	ix	G	ix	C	vii
21	G	x	C	viii	C	x	F	viii	A	viii	D	vi
22	A	ix	D	vii	D	ix	G	vii	B	vii	E	v
23	B	viii	E	vi	E	viii	A	vi	C	vi	F	iv
24	C	vii	F	v	F	vii	B	v	D	v	G	iii
25	D	vi	G	iv	G	vi	C	iv	E	iv	A	ii
26	E	v	A	iii	A	v	D	iii	F	iii	B	i
27	F	iv	B	ii	B	iv	E	ii	G	ii	C	*
28	G	iii	C	i	C	iii	F	i	A	i	D	xxix
29	A	ii			D	ii	G	*	B	*	E	xxviii
30	B	i			E	i	A	xxix	C	xxix	F	xxvii
31	C	*			F	*			D	xxviii		

Jours du mois.	JUILLET		AOUT		SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE		DÉCEMBRE	
	Let. dom.	ÉPACTES	Let. dom.	ÉPACTES	Let. dom.	ÉPACTES	Let. dom.	ÉPACTES	Let. dom.	ÉPACTES	Let. dom.	ÉPACTES
1	G	XXVI	C	XXV. XXIV	F	XXIII	A	XXII	D	XXI	F	XX
2	A	XXV	D	XXIII	G	XXII	B	XXI	E	XX	G	XIX
3	B	XXIV	E	XXII	A	XXI	C	XX	F	XIX	A	XVIII
4	C	XXIII	F	XXI	B	XX	D	XIX	G	XVIII	B	XVII
5	D	XXII	G	XX	C	XIX	E	XVIII	A	XVII	C	XVI
6	E	XXI	A	XIX	D	XVIII	F	XVII	B	XVI	D	XV
7	F	XX	B	XVIII	E	XVII	G	XVI	C	XV	E	XIV
8	G	XIX	C	XVII	F	XVI	A	XV	D	XIV	F	XIII
9	A	XVIII	D	XVI	G	XV	B	XIV	E	XIII	G	XII
10	B	XVII	E	XV	A	XIV	C	XIII	F	XII	A	XI
11	C	XVI	F	XIV	B	XIII	D	XII	G	XI	B	X
12	D	XV	G	XIII	C	XII	E	XI	A	X	C	IX
13	E	XIV	A	XII	D	XI	F	X	B	IX	D	VIII
14	F	XIII	B	XI	E	X	G	IX	C	VIII	E	VII
15	G	XII	C	X	F	IX	A	VIII	D	VII	F	VI
16	A	XI	D	IX	G	VIII	B	VII	E	VI	G	V
17	B	X	E	VIII	A	VII	C	VI	F	V	A	IV
18	C	IX	F	VII	B	VI	D	V	G	IV	B	III
19	D	VIII	G	VI	C	V	E	IV	A	III	C	II
20	E	VII	A	V	D	IV	F	III	B	II	D	I
21	F	VI	B	IV	E	III	G	II	C	I	E	*
22	G	V	C	III	F	II	A	I	D	*	F	XXIX
23	A	IV	D	II	G	I	B	*	E	XXIX	G	XXVIII
24	B	III	E	I	A	*	C	XXIX	F	XXVIII	A	XXVII
25	C	II	F	*	B	XXIX	D	XXVIII	G	XXVII	B	XXVI
26	D	I	G	XXIX	C	XXVIII	E	XXVII	A	XXVI	C	XXV
27	E	*	A	XXVIII	D	XXVII	F	XXVI	B	XXV. XXIV	D	XXIV
28	F	XXIX	B	XXVII	E	XXVI	G	XXV	C	XXIII	E	XXIII
29	G	XXVIII	C	XXVI	F	XXV. XXIV	A	XXIV	D	XXII	F	XXII
30	A	XXVII	D	XXV	G	XXIII	B	XXIII	E	XXI	G	XXI
31	B	XXVI	E	XXIV			C	XXII			A	XX

CHAPITRE XXXVIII

CALCUL DES LETTRES DOMINICALES — CYCLE SOLAIRE

Les chronologistes et quelques astronomes se sont occupés de déterminer directement la lettre dominicale pour une année quelconque.

En se rappelant que la première année de l'ère chrétienne commença par un samedi; que cette année, la lettre A indiqua le samedi; que B fut conséquemment la dominicale de l'an 1, A celle de l'an 2, G celle de l'an 3, etc., toujours en rétrogradant, on arrive facilement à la formule désirée. Cette formule se complique un peu quand le calcul porte sur les années postérieures à 1582, époque de la réforme grégorienne.

Si les années eussent été invariablement de 365 jours, les lettres dominicales, en rétrogradant tous les ans d'un rang, se seraient reproduites, comme nous l'avons dit plus haut, tous les sept ans dans le même ordre.

Mais, dans le calendrier julien, il y a tous les quatre ans une année de 366 jours. Le 366e jour intercalaire change les combinaisons numériques qui se rapportaient à l'année vague. Ce n'est qu'après une période de vingt-huit ans que les jours de la semaine correspondront dans le même ordre aux jours des mois. Cette période est celle qu'on a nommée très-improprement le *cycle solaire*.

Le rang d'une année dans un cycle solaire étant donné, on avait sa lettre dominicale en prenant celle de l'année de même rang dans le tableau des vingt-huit années d'un cycle précédent quelconque.

Dans le calendrier grégorien, la durée de la période récurrente d'intercalation étant de 400 ans, c'est après 2800 ans que le cycle des lettres dominicales se trouverait complet. Une aussi longue période ne peut pas avoir d'utilité.

Les calendriers perpétuels étant maintenant peu usités, il serait superflu de donner ici de plus grands détails à ce sujet. Je n'ai même écrit ce qui précède que pour faire connaître la signification du chiffre inscrit en regard du terme *cycle solaire*, inséré, par suite d'une habitude à peine justifiable, dans l'*Annuaire du bureau des longitudes*.

CHAPITRE XXXIX

FÊTES MUSULMANES

La religion de Mahomet présente comme la religion du Christ un certain nombre d'anniversaires qui sont fêtés par les fidèles. Le calendrier étant réglé sur les mouvements de la Lune ainsi que les fêtes religieuses, il n'y a aucune difficulté à fixer ces dernières.

Le 1er *moharrem* est le 1er jour de l'an.

Les dix premiers jours de ce mois sont, surtout dans les pays chiïtes (sectateurs d'Ali), c'est-à-dire en Mésopotamie, en Perse et dans l'Inde, consacrés à la mémoire de Hussein fils d'Ali, assassiné à Kerbelah, le 10 de ce mois. Ce jour s'appelle *achourà*, et est un jour de jeûne.

Le 29 *sefer* est l'anniversaire de la mort du Prophète.

Le 12 *rabi' el awal* est le jour de sa naissance : on l'appelle *manloud*, naissance.

Le 20 *djemadzi el awal* est l'anniversaire de la prise de Constantinople.

Le 29 *redjeb* Mahomet monta au ciel sur son âne Boraq.

Le 15 *cha'aban* le Coran tomba en entier du ciel.

Le mois de *ramadan* est le mois du jeûne; à partir de la première prière, deux heures avant le lever du Soleil, jusqu'au coucher, on s'abstient de boire, de manger, de fumer et de toute autre jouissance. Le 27 du mois tombe *la nuit de la puissance* (*leil ul kadr*), dans laquelle le Coran commença à tomber du ciel.

Le jeûne finit le 1er *chawâl*, et cette fin de l'abstention est célébrée par des fêtes pendant trois jours, nommées *Beiram* (mot persan signifiant *fête*).

Mais la fête la plus sacrée est le *Korban Beiram*, ou *fête du sacrifice*, le 10 de *dzou 'lhadjeh*, jour auquel on sacrifie et prêche dans la vallée de *Mina*, près de la Mecque. C'est pour cette fête que les fidèles entreprennent le pèlerinage à la ville sainte.

CHAPITRE XL

FÊTES JUIVES

Les Hébreux avant leur sortie d'Égypte commençaient, selon Daunou, l'année vers l'équinoxe d'automne; échappés de l'Égypte vers l'équinoxe du printemps, au mois hébraïque *nisan*, ils en firent le commencement de leur année religieuse, en continuant de partir, pour les affaires civiles, du mois thisri, qui répondait à peu près

au mois égyptien thoth, autant qu'un mois lunaire peut coïncider avec un mois solaire.

Les trois principales fêtes des Juifs, la Pâque, la Pentecôte et les Tabernacles, ont été instituées pour perpétuer les souvenirs de la sortie d'Égypte, de la publication de la loi et de l'établissement dans la terre promise. Le premier jour de la Pâque doit se rapprocher de l'équinoxe du printemps, ne le précéder jamais, ne jamais coïncider avec un des trois jours que nous appelons dimanche, mercredi ou vendredi, et en outre tomber toujours le 15 nisan. Les mois lunaires alternatifs de 29 et de 30 jours devant ramener nécessairement le 1er nisan à une époque telle que le 15 arrive avant l'équinoxe du printemps, on recule ou avance le commencement de l'année à l'aide du mois intercalaire. La fête de la Pentecôte, qui tombe constamment 50 jours après le premier jour de la Pâque, exige les prémices de la moisson du froment. La fête des Tabernacles, fixée au 15 thisri, arrive après la vendange et la récolte des olives. On comprend combien de telles exigences ont dû apporter de complication dans le calendrier juif, qui compte, outre les trois fêtes dont nous venons de parler, d'abord tous les sabbats ou septièmes jours, puis au 17 thamus, un jeûne à cause de la prise de Jérusalem; au 2 thisri, la fête des Trompettes; au 25 casleu, celle des Lumières, etc.

CHAPITRE XLI

ARRIVERA-T-IL UN TEMPS OU LES JOURS SERONT ÉGAUX ENTRE EUX, ET JOUIRONT DE LA MÊME TEMPÉRATURE TOUTE L'ANNÉE?

L'année, comme nous l'avons vu (liv. XXXII, chap. XII, p. 565), a été partagée en quatre saisons; le printemps est l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'équinoxe de la fin de mars et le solstice d'été; l'été est le temps qui s'écoule entre ce solstice et l'équinoxe d'automne; l'automne se compose du nombre de jours dont le Soleil a besoin pour aller de l'équinoxe d'automne au solstice d'hiver; l'hiver, enfin, règne dans l'hémisphère boréal depuis le moment du passage du Soleil par le solstice d'hiver jusqu'à l'équinoxe de printemps.

Quoiqu'il y ait exactement 180 degrés de l'équinoxe de printemps à l'équinoxe d'automne, en passant par le solstice d'été, et 180 degrés, restant du cercle entier, depuis l'équinoxe d'automne jusqu'à l'équinoxe de printemps, en passant par le solstice d'hiver; quoique la ligne qui joint les deux équinoxes partage ainsi en deux parties égales le cercle de l'écliptique décrit annuellement par le Soleil, en vertu de son mouvement propre apparent, on trouve que les deux moitiés de ce cercle ne sont pas parcourues dans des temps égaux. Le printemps et l'été sont d'environ 8 jours plus longs que l'automne réuni à l'hiver (liv. XXXII, chap. XXI, p. 607).

Cette différence de longueur entre les temps employés par le Soleil à décrire la moitié boréale et la moitié australe de sa course elliptique annuelle, cette différence,

qui tient évidemment à ce que le périgée, ou le point de l'orbite dans lequel le Soleil se meut le plus vite actuellement, est situé dans la portion méridionale de cette courbe, avait jadis joué un grand rôle dans l'explication de ce phénomène météorologique curieux, que les deux hémisphères de la Terre ne jouissent pas de la même température à parité de latitude.

J'ai montré (liv. XXXII, chap. XVI, p. 574) le peu de fondement de cette explication; mais j'ajouterai ici quelques mots sur un état hypothétique vers lequel, s'il fallait en croire certains esprits systématiques, la Terre convergerait graduellement; sur ce printemps perpétuel, préconisé dans divers ouvrages de science, qu'on pourrait, à bon droit, appeler des romans. On a vu, dans l'explication détaillée et minutieuse que nous avons donnée, en son lieu et place, du phénomène des saisons (liv. XXXII, chap. XII, p. 558 à 567), que la chaleur que le Soleil verse en un jour donné sur un horizon déterminé comme celui de Paris, par exemple, que la portion de cette chaleur, qui s'y accumule, dépendent de la durée du jour, de l'inclinaison sous laquelle sont dardés, à midi, les rayons venant de l'astre, et de la chaleur des jours précédents.

Tout cela est évidemment lié à la déclinaison du Soleil. Si cet astre radieux parcourait invariablement le plan de l'équateur, en vertu de son mouvement propre, le jour serait constamment égal à la nuit sur toute la Terre, et les rayons frapperaient tous les jours sous la même série d'inclinaisons les objets dont un horizon déterminé se compose. Il n'y aurait donc pas de raisons pour qu'il existât quelques différences, abstraction faite des circon-

stances atmosphériques locales, entre les températures des différents jours de l'année.

La constance des températures en chaque lieu serait la suite inévitable de l'événement astronomique dont nous avons fait mention; mais on se trompe lorsqu'on induit de la dénomination impropre de printemps perpétuel, la conséquence qu'en chaque lieu la température serait la même; que le climat dont on jouirait en Laponie serait exactement semblable à celui de l'Espagne, par exemple. Ceux qui les premiers se servirent de l'expression vicieuse de printemps perpétuel, voulurent dire seulement que si le Soleil ne sortait pas du plan de l'équateur, il n'y aurait en chaque lieu, ni printemps, ni été, ni automne, ni hiver; que toutes les saisons seraient pareilles entre elles dans chaque lieu déterminé, mais nullement qu'on éprouverait les mêmes températures sous toutes les latitudes. C'est pour rectifier cette erreur, fort répandue parmi les gens du monde, que j'ai écrit ces quelques lignes. Au reste, la coïncidence de la course annuelle du Soleil avec le plan de l'équateur, que cette idée d'un printemps perpétuel suppose, n'arrivera jamais. On prouve, il est vrai, par les observations, que le plan de l'écliptique, dans lequel est maintenant contenue la courbe décrite annuellement par le Soleil, se rapproche chaque année du plan de l'équateur; on pouvait dès lors supposer que ces deux plans finiraient, tôt ou tard, par coïncider entre eux. Mais la théorie a fait connaître la cause de ce changement d'inclinaison (liv. XXIII, chap. IV, p. 21); elle a montré qu'après s'être rapprochée de l'équateur pendant un certain temps, l'écliptique s'en

éloigne, que les oscillations totales sont comprises entre des limites très-rapprochées, et qu'elles ne pourront apporter dans les climats terrestres que des variations peu considérables.

CHAPITRE XLII

AVANT LES TEMPS HISTORIQUES L'ANNÉE FUT-ELLE COMPOSÉE D'UN NOMBRE ROND DE JOURS SANS FRACTION ?

Les complications du calendrier, les obscurités de la chronologie, tiennent, en grande partie, à la fraction de jour qu'il faut ajouter au nombre entier 365, pour avoir la longueur de l'année astronomique. Aussi, plusieurs érudits ont-ils cherché si le rapport entre les longueurs de l'année et du jour ne fut pas anciennement plus simple qu'il ne l'est aujourd'hui.

Whiston croyait avoir établi, d'après des témoignages historiques, que, dans les temps les plus reculés, plusieurs peuples comptèrent par années de 360 jours et par 12 mois de 30 jours. La seule explication de ce fait qui lui parut admissible consistait à supposer que le mois et l'année avaient été jadis en effet de 30 et de 360 jours, et que l'attachement aveugle du peuple pour de vieilles coutumes avait fait persister à se servir de ces nombres, même quand ils ne concordaient évidemment plus avec la marche du Soleil. Suivant Whiston, ce fut au moment du déluge que ce changement s'opéra. Avant cette époque, l'année se composait exactement de 360 jours; ensuite elle en compta 365 1/4 environ, par suite de l'action d'une comète, cause première du grand cataclysme.

Court de Gébelin voyait dans la longueur fractionnaire de l'année un fait en désaccord *inique* avec l'harmonie dont les autres phénomènes célestes lui paraissaient empreints. Il se persuadait qu'à l'origine les choses étaient autrement et mieux ; comme Whiston, il soutenait qu'avant le déluge l'année tropique se composait de 360 jours, ni plus ni moins ; que le Soleil se déplaçait alors de 1 degré par jour ; qu'à chaque mois correspondait exactement un mouvement de 30 degrés. La catastrophe d'où résulta le déluge altéra les anciens rapports simples de 1 à 30 et de 1 à 360. De cette époque datent les rapports fractionnaires, bases du calendrier moderne.

Gébelin enregistrait ces changements parmi les punitions qui furent infligées à l'espèce humaine pour ses crimes. En relevant, à l'exclusion de la Vulgate et du texte hébreu, sur certaines versions de la Bible, coptes, arméniennes, etc., les dates de jours, de mois, énoncées dans le récit du déluge, l'ardent érudit croyait avoir fait sortir sa théorie du domaine des simples conjectures.

Goguet allait plus loin : suivant lui, l'année n'était encore que de 360 jours du temps de Moïse. Goguet expliquait ainsi pourquoi le législateur des Juifs, parlant des temps antédiluviens, ne fit pas remarquer que ses calculs, fondés sur une année de 360 jours, n'auraient plus été applicables aux époques qui suivirent; mais il ne disait pas comment un changement si grave dans le cours des astres se serait opéré sans commotion physique sensible.

Veut-on savoir, au surplus, combien il y avait de vague, d'incertitude dans les récits sur lesquels Court de Gébelin et Goguet croyaient pouvoir se fonder pour dé-

terminer, par exemple, la longueur de l'année du déluge? Je dirai qu'en prenant les mêmes éléments, les dates mentionnées dans la relation de Moïse,

Fréret trouvait................	336 jours.
Heidegger....................	354 —
Les auteurs anglais de l'*Histoire universelle*..................	355 —
Scaliger......................	365 —
Le père Bonjour..............	366 —

J'ajouterai, enfin, que beaucoup d'érudits (et, sur ce point, c'étaient peut-être les plus judicieux, les plus sages) déclaraient n'avoir rien pu tirer de décisif des passages de la Bible si diversement interprétés.

CHAPITRE XLIII

GRANDE ANNÉE

Je réunirai dans ce chapitre les notions éparses dans divers auteurs, concernant la longue suite de siècles que les anciens avaient décorée du titre de *grande année*.

Je m'aiderai surtout ici des recherches de l'académicien La Nauze.

Il a été très-sérieusement question dans l'antiquité, comme Platon, Cicéron, Plutarque, etc., nous l'apprennent, d'une période à laquelle on donnait le nom de grande année, d'année parfaite, d'année du monde.

Cicéron (*De la nature des Dieux*) dit que la grande année est le temps que les astres doués d'un mouvement propre, le Soleil, la Lune et les cinq autres planètes,

emploient à revenir aux mêmes positions relatives. Telle était déjà aussi, dans le siècle de Platon (voir le *Timée*), la signification de ces deux mots : grande année.

Bérose, comme cela résulte d'un passage dont Sénèque a donné la traduction, ajoutait une condition à celle que renferme la définition précédente. Pour l'astronome chaldéen, la grande année commençait lorsque les disques des sept planètes se trouvaient situés sur une seule ligne droite; elle finissait au moment où cette même disposition en enfilade se reproduisant, la ligne droite joignant toutes les planètes aboutissait de plus à l'étoile qui, à l'origine, était aussi sur ce prolongement.

A une époque où tant de philosophes se persuadaient que les destinées des hommes et même celles de la Terre, considérée en masse, étaient réglées par le cours des astres, il n'y avait rien d'outré à supposer que chaque grande année ramènerait la même suite, le même ordre de phénomènes moraux et physiques; le même cours d'événements politiques ou militaires; la même succession de personnages célèbres par leurs vertus, par leurs vices ou par leurs crimes. Dans ce système, l'histoire d'une seule grande année aurait été celle des suivantes.

Censorin, citant un écrit d'Aristote actuellement perdu, dit que l'hiver de la grande année est un cataclysme, un déluge, et l'été une conflagration.

Dans le passage déjà cité, conservé par Sénèque, Bérose le Chaldéen nous assure : « Que la Terre sera réduite en cendres, quand les astres qui suivent des routes diverses correspondront à la première étoile du Cancer, en telle sorte qu'une seule ligne droite puisse traverser tous

leurs centres, et qu'il y aura une inondation universelle lorsque ces mêmes astres correspondront ensemble au Capricorne. »

L'alternat de cataclysmes et de conflagrations n'était pas admis généralement. Certains philosophes ne croyaient qu'à des déluges; d'autres qu'à des incendies. Il en existait enfin qui, assimilant les âges du monde à ceux de l'homme, voyaient la nature croître en force et en vigueur pendant la première moitié de la grande année, et marcher ensuite, durant la seconde moitié, vers la décrépitude. Quant à Platon, il s'était rangé à l'opinion que le monde, au premier jour du grand cycle, possède le maximum de force, et qu'à partir de là, tout décroît, tout s'affaiblit graduellement. La tradition sur les quatre âges caractérisés par quatre métaux, est la traduction vulgaire de l'idée de Platon.

Ces restes des opinions antiques concernant la grande année ont donné lieu, depuis l'ère chrétienne, à l'invention de diverses théories contre lesquelles l'Église a souvent lancé ses anathèmes, la théorie, par exemple, professée dans l'Université de Paris : « Que dans le temps employé par les corps célestes à revenir aux mêmes points, on voit se reproduire sans cesse la même série d'événements. »

Les anciens tombèrent encore moins d'accord sur la longueur de la grande année que sur sa signification. Les uns portèrent cette longueur jusqu'à 6,570,000 ans, d'autres la réduisirent à quelques centaines d'années. Cicéron, dans le *Songe de Scipion*, dit qu'il n'ose pas décider de combien de siècles l'année parfaite se compose.

Hésiode avait déjà montré la même réserve. Dans des vers rapportés par Pline, par Plutarque, et traduits en latin par Ausone, cet auteur n'hésite pas à décider :

Que la vie de l'homme, quand elle est bien pleine, va à 96 ans;

Qu'une corneille vit 9 fois plus que l'homme, ou 864 ans;

Le cerf, 4 fois plus que la corneille, ou 3,456 ans;

Le corbeau, trois fois plus que le cerf, ou 10,368 ans;

Le phénix, 9 fois plus que le corbeau, ou 93,312 ans;

Les hamadryades, 10 fois plus que le phénix, ou 933,120 ans.

Hésiode, après toutes ces hardiesses, déclare cependant qu'il ignore absolument quelle est la durée de la grande année, et que Dieu seul peut la connaître.

Parmi les modernes, je ne vois que Pingré qui se soit exercé sur un problème dont la solution, suivant Hésiode, était réservée à Dieu. L'auteur de la *Cométographie* évaluait à plus de 25 millions d'années la période qui ramènerait les planètes à une conjonction générale; et cependant, du vivant de Pingré, Cérès, Pallas, Junon, Vesta, et les autres planètes plus récemment découvertes, n'étaient pas connues.

Les grands noms de Platon, de Cicéron, de Sénèque, de Plutarque, ne doivent pas nous empêcher de ranger les opinions des anciens sur les relations de la grande année avec les événements de toute nature observables sur la Terre, au nombre des conceptions les plus creuses que l'antiquité nous ait léguées.

CHAPITRE XLIV

MANIÈRES DIFFÉRENTES DONT LES CHRONOLOGISTES ET LES ASTRONOMES COMPTENT LES ANNÉES ANTÉRIEURES À L'ÈRE CHRÉTIENNE

Les chronologistes et les astronomes ne numérotent pas de la même manière les années antérieures à celles de la naissance de Jésus-Christ. Les premiers appellent : un an avant J.-C., l'année qui précéda immédiatement la première de notre ère; les astronomes la qualifient d'année zéro. L'année 2 avant J.-C. des chronologistes n'est donc que l'année 1 des astronomes, et ainsi de suite, avec une différence toujours égale à l'unité. Qui a tort, qui a raison dans cette manière de compter? Il ne sera pas difficile, je crois, de prouver que la dénomination des astronomes est seule conforme aux règles du bon sens, de la logique et de l'arithmétique.

Je pourrais, si cela était nécessaire, montrer qu'une quantité susceptible de valeurs positives et de valeurs négatives n'entre régulièrement dans le calcul qu'à la condition de devenir zéro en passant d'un de ces états à l'autre; mais un exemple suffira pour faire ressortir les avantages de la méthode astronomique.

Combien y a-t-il du 20 mars qui a suivi au 20 mars qui a précédé le moment de la naissance de Jésus-Christ? Un an, ni plus ni moins.

Suivant les chronologistes, les dates seraient : 20 mars 1 après J.-C., et 20 mars 1 avant J.-C. En additionnant les chiffres indicateurs de l'année avant et de l'année

après, on trouverait 2 ans pour l'intervalle des deux époques, tandis qu'il n'est réellement que d'un an.

Les mêmes dates, suivant les astronomes, eussent été : 20 mars 1 après J.-C.; 20 mars 0 avant J.-C. Cette fois la somme des deux dates aurait donné un an, conformément à la vérité.

La date de la mort de Jésus-Christ est mars 33 de notre ère; la date de la mort de César, suivant la manière de compter des chronologistes, est mars 44 avant notre ère. 44 et 33 ans font 77 ans. Tel semblerait donc l'intervalle compris entre les deux événements. Cet intervalle, cependant, n'est que de 76 ans, comme on peut s'en convaincre en rapportant tout à l'ère de la fondation de Rome.

Les astronomes ne s'y seraient pas trompés; car, d'après eux, l'année de la mort de César est mars 43 avant J.-C. Or 43 et 33 font 76.

CHAPITRE XLV

A QUELLE DATE A FINI LE XVIIIe SIÈCLE, A QUELLE DATE A COMMENCÉ LE XIXe ?

Il s'élève souvent une difficulté, parmi les gens du monde, sur la question de savoir si à la date 28 mars 1800, par exemple, on était dans le XVIIIe ou dans le XIXe siècle.

La question bien examinée revient à celle-ci :

L'année qui figure dans une date est-elle l'année courante ou l'année passée? Quand on écrit le 28 mars 1800, faut-il entendre qu'on est arrivé au 28 mars de

l'année 1800 non encore révolue, ou bien que, depuis l'origine de notre ère, il s'est déjà écoulé 1800 années entières, augmentées du mois de janvier, du mois de février, et de 28 jours du mois de mars de l'année 1801?

Pour résoudre la question, il faut examiner comment on a compté à l'origine de notre ère, c'est-à-dire dans l'année supposée de la naissance de Jésus-Christ. Or il est constant que cette année a été comptée 1, dès son commencement; de manière qu'en écrivant le 28 mars 1 on entendait le 28 mars de l'année 1 qui venait de commencer, et non pas une année révolue plus le mois de janvier, le mois de février et 28 jours du mois de mars de l'année 2. Il résulte de là, avec une entière évidence, que toute la journée du 31 décembre 1800 appartenait au XVIII[e] siècle; que le XIX[e] a seulement commencé le 1[er] janvier 1801. Cette dernière date doit, en effet, se traduire ainsi : le premier jour de l'année 1801 commençant, et non 1801 années plus un jour de l'année 1802.

CHAPITRE XLVI

SUR LES MOYENS DE SE RAPPELER QUELS SONT LES MOIS DE 30 ET DE 31 JOURS

Beaucoup de personnes ont de la peine à se rappeler quels sont les mois pleins et les mois caves, les mois de 31 jours et les mois de 30 dans les calendriers julien ou grégorien en usage chez tous les peuples de la chrétienté. Pour aider la mémoire, on a eu recours à des procédés mécaniques.

Après avoir fermé, par exemple, le second et le qua-

trième doigt de la main (fig. 354), on applique dans ce système de doigts étendus et de doigts fermés, le nom du mois de mars au pouce, et les noms des mois suivants aux autres doigts, en revenant, bien entendu, au pouce, avec le sixième mois, celui d'août. Dans ce dénombre-

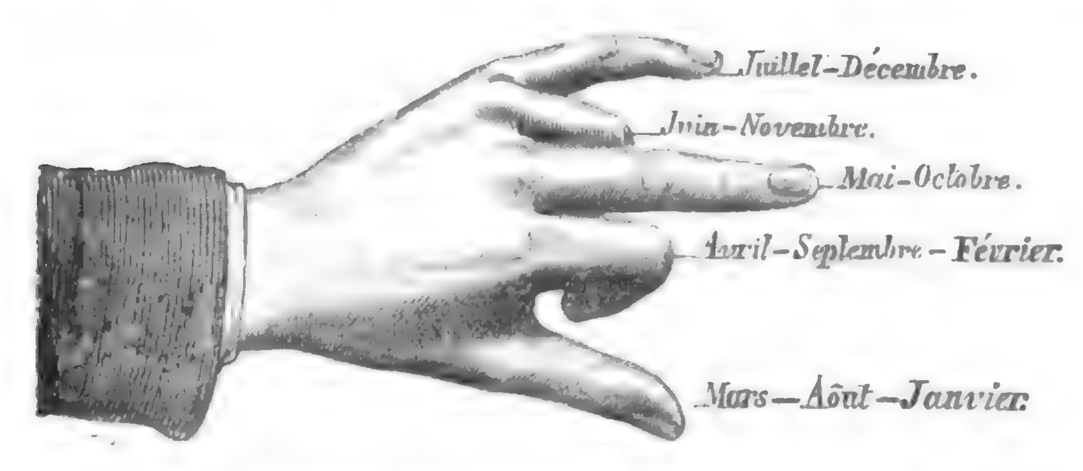


Fig. 354. — Système de doigts étendus et de doigts fermés pour se rappeler quels sont les mois de 30 et de 31 jours.

ment, tous les doigts longs ou ouverts correspondent à des mois de 31 jours; tous les doigts courts ou fermés correspondent aux mois de 30 jours, et à celui de février qui en a 28 ou 29.

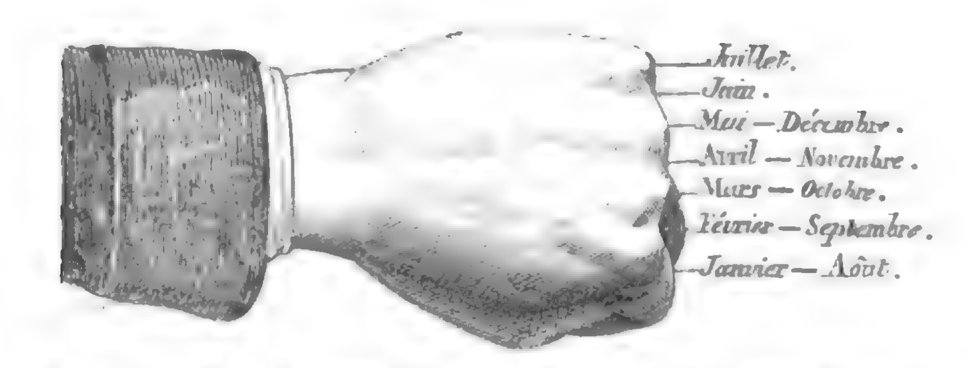


Fig. 355. — Saillies et creux des racines des doigts de la main fermée pour se rappeler quels sont les mois de 30 et de 31 jours.

Un moyen plus commode consiste à fermer la main. Les racines des quatre doigts contigus forment des parties saillantes; les intervalles, des creux (fig. 355). Si

l'on compte alors les douze mois, en commençant par janvier, appliqué à la première partie saillante; continuant par février, appliqué au creux voisin, et ainsi de suite, on trouvera que tous les longs mois ont correspondu aux saillies et les mois courts aux dépressions.

A défaut de ces méthodes mécaniques, les écoliers avaient jadis recours, au collége, à de prétendus vers, semblables, au reste, à ceux qui sont contenus dans les ouvrages intitulés *Racines grecques* et *Racines latines.* Voici ceux que Nollet nous a conservés et dont on faisait usage de son temps :

Trente jours ont novembre,
Juin, avril et septembre;
De vingt-huit, il en est un,
Tous les autres ont trente-un.

CHAPITRE XLVII

CYCLE CHRONOLOGIQUE, DIT JULIEN

On appelle de ce nom un certain mode de dénombrer les années, imaginé par Joseph Scaliger. Cette méthode, que nous allons faire connaître, a été appelée par l'auteur *période julienne*, ou *cycle julien*, parce que les années du calendrier julien y figurent exclusivement. C'est à tort, comme Daunou l'a remarqué, que ce nom a généralement été regardé comme un hommage rendu par l'auteur à son père Jules Scaliger.

La durée de la période julienne est de 7980 ans. Ce nombre n'a pas été pris arbitrairement; il est le produit de 15 par 19 et par 28. Ces trois nombres, comme on

sait, sont les durées respectives des cycles de l'indiction (chap. XXIV, p. 695), de Méton (chap. XIII, p. 672) et du cycle solaire (chap. XXXVIII, p. 715).

Après avoir établi la durée de la période, il était indispensable, pour le parti que Scaliger voulait en tirer, de déterminer convenablement son point de départ; c'est en cela surtout que le travail du célèbre érudit mérite d'être remarqué. L'origine de la période de Scaliger est l'année 4713 avant Jésus-Christ. Ainsi, si l'on dénombrait les années suivant la méthode de Scaliger, l'année 4713 avant notre ère serait donc marquée du chiffre 1, l'année 4712 du chiffre 2, l'année 4711 du chiffre 3, et ainsi de suite indéfiniment, sans solution de continuité. L'absence de coupure à l'origine de notre ère serait, pour l'exactitude de la chronologie, un avantage réel; à quoi nous pouvons ajouter d'autres propriétés plus précieuses encore de la période scaligérienne que nous allons signaler. Supposons qu'on remonte, par intervalles de 19 ans, à partir du commencement d'une période lunisolaire ou de Méton, on fixera, par ce calcul, toutes les années antérieures où cette période a dû commencer ; on découvrira ainsi que l'année 4713 avant notre ère était une de celles-là.

Supposons encore qu'on fasse un calcul analogue relativement au cycle solaire de 28 ans ; si à partir de la première année actuelle d'un de ces cycles on remonte successivement de 28 ans, on aura fixé toute la série d'années où le cycle solaire a dû commencer, et l'année 4713 figurera dans ce nombre.

Admettons enfin qu'on veuille chercher rétrospectivement quelles sont les années où le cycle d'indiction a

commencé. Ces années s'obtiendront en remontant par périodes de 15 années à partir d'une de celles qui dans les temps modernes a signalé le commencement de l'indiction. Cette série de déterminations a montré à Scaliger que l'année 4713 avant notre ère, qui, déjà d'après les calculs précédents, avait dû coïncider avec les commencements d'un cycle lunisolaire de 19 ans, et d'un cycle solaire de 28 ans, marquait aussi le commencement d'une période d'indiction de 15 ans.

En définitive, les trois périodes citées ont pour origine commune l'année 4713.

On voit maintenant pourquoi Scaliger a pris pour durée de son cycle le produit de 15 par 19 et par 28. Ce produit renfermant un nombre exact de fois 15, 19 et 28, il est clair que lorsqu'il se sera écoulé un cycle d'années égal au nombre d'unités qu'il contient, à partir de l'origine de la période ou de l'année 4713, les choses se trouveront dans le même état qu'à l'origine, et que les trois cycles recommenceront simultanément.

Il n'est pas moins évident qu'en divisant par 19, par exemple, le chiffre indicateur du rang d'une année, suivant la manière de compter de Scaliger, le quotient en nombre rond fera connaître la série des périodes entières lunisolaires qui se sont écoulées depuis cette origine de la division du temps, et que les unités restantes détermineront combien d'années il faut compter de la période lunisolaire suivante, ou non révolue. Il en serait de même des calculs que l'on effectuerait à l'égard du cycle d'indiction ou du cycle solaire. Ces calculs peuvent amener quelquefois à constater des erreurs chronologiques.

Supposons, en effet, que tous les événements de l'histoire ancienne et de l'histoire moderne soient rapportés au cycle scaligérien. Supposons de plus qu'un fait ait été indiqué, suivant l'habitude des chroniqueurs, comme étant arrivé dans une certaine année, et qu'on donne en même temps pour cette année le millésime et les époques correspondantes de l'indiction, du cycle lunisolaire et du cycle solaire. Un calcul très-facile, trois divisions, montrera si ces quatre désignations sont concordantes.

J'ai voulu, dans ce qui précède, signaler clairement le but que Scaliger s'était proposé en inventant la période julienne; cette méthode, si elle était suivie, aurait-elle pour la chronologie tous les avantages que son auteur s'en promettait? Cette question a été fort débattue entre des savants d'un mérite éminent, mais je ne saurais même indiquer ici les raisons pour et contre qui ont été produites des deux côtés avec une amertume dont les érudits, dit-on, s'affranchissent difficilement.

Le cycle scaligérien ou julien a eu l'honneur inappréciable d'être suivi par Kepler et le père Petau; c'est là ce qui justifie la mention détaillée que nous venons d'en faire. Nous nous abstiendrons, pour abréger, de parler d'une foule de périodes auxquelles des calculateurs et même des astronomes avaient prétendu attacher leurs noms, mais qui n'ont pas été adoptées par le public déjà trop fatigué des complications de la chronologie. Nous ne ferons pas même une exception en faveur du cycle dionysien, inventé par Denys le Petit et composé de 532 ans; car, malgré sa précision, il n'a pas été employé.

CHAPITRE XLVIII

DES ALMANACHS ET DES CALENDRIERS

On est étonné que le peuple romain se soit contenté si longtemps des calendriers compliqués à l'aide desquels on divisait le temps. Mais les pontifes, à qui l'entière direction de cet objet était confiée, avaient constamment refusé de faire connaître au peuple les moyens qu'ils mettaient en usage pour établir d'avance la succession des mois et des jours d'une année.

Tout le monde sait, d'ailleurs, le danger qu'il y avait, dans ces temps reculés, à s'immiscer dans les choses dites sacrées. Hérodote lui-même nous avertit expressément qu'il usera à ce sujet d'une grande réserve, et que, dans tous les chapitres qui auront des rapports plus ou moins directs avec la religion, on doit s'attendre à trouver de nombreuses réticences.

La première divulgation des principes du calendrier romain, faite au grand déplaisir des pontifes, remonte à l'an 303 avant notre ère, et à Caius Flavius. Postérieurement, Ennius, Pison, Ovide, etc., composèrent et publièrent des traités sur cette matière; leurs ouvrages renfermaient non-seulement le calendrier général, mais encore des prédictions météorologiques étrangères à un almanach vraiment scientifique. Dans cette catégorie doit être classé le sixième et dernier chapitre des Éléments d'astronomie de Geminus; on y trouve en effet, à côté des indications des levers et des couchers des astres pour

les divers jours de l'année, des remarques telles que celle-ci: La mer devient orageuse, pluie, grand vent, tonnerre, neige, grêle fréquente, etc.

Des indications semblables se lisent dans le traité intitulé *Apparition des fixes*, et attribué à Ptolémée; l'auteur annonce jour par jour les états de l'atmosphère.

L'Annuaire agronomique de Columelle renferme des prédictions, résultats d'une observation imparfaite, et qui, aujourd'hui même, ne manquent pas d'être accueillies avec confiance par un grand nombre de cultivateurs. Pline nous a conservé les remarques qu'on avait faites antérieurement à son époque.

Les Romains avaient distribué çà et là, dans le cours de l'année, des jours dans lesquels on devait plus particulièrement s'attendre à des insuccès dans les entreprises politiques ou particulières. Le mot *néfaste*, qui d'abord ne signifiait que des jours où il était défendu de rendre la justice, prit peu à peu une acception défavorable. On comptait vingt-six de ces jours dans l'année, savoir deux en chaque mois et trois en janvier et en avril. Il va sans dire que ces jours néfastes étaient spécialement indiqués dans les calendriers romains.

Si l'on consulte l'ouvrage de Lydus publié au VI[e] siècle, on demeurera convaincu que les prédictions de toute nature, fondées sur les aspects des astres, relatives au monde physique et au monde moral, ne sont pas une invention moderne.

Dans cet ouvrage on trouve, en effet, des passages tels que ceux-ci: Si la Lune est éclipsée dans les Gémeaux, la direction des affaires politiques changera de mains; si

un tremblement de terre arrive entre le 9 et le 19, il annoncera des désastres aux gouvernants; et, enfin, s'il a lieu entre le 20 et le 25, les gens de lettres seront menacés de la perte de leur crédit.

Ce dernier trait montre que Lydus avait appliqué son savoir divinatoire à des choses bien peu importantes.

On vient de voir que chez les anciens il n'était guère question que de calendriers applicables à toutes les années. Dans le moyen âge, les calendriers généraux furent très-communs; on les plaçait en tête des livres d'heures ou de prières.

La publication des calendriers annuels, des almanachs annuels, de ceux qui concernent une année déterminée, remonte à une époque peu ancienne.

Le premier de ces almanachs qui ait été vraiment populaire est celui de l'an bissextil 1636, publié à Liége, sous le nom de Mathieu Laensberg, chanoine de cette ville[1]; mais l'existence de ce personnage n'est rien moins

1. Nostradamus, célèbre médecin de Provence, avait publié, à partir de 1550 jusqu'à sa mort, un calendrier contenant des prédictions sur les saisons et les temps les plus favorables aux divers travaux agricoles. Je n'ai pas ce calendrier sous les yeux, je ne saurais dire conséquemment s'il doit être rangé dans les calendriers perpétuels ou dans les calendriers annuels. Il ne faut pas confondre ces prédictions météorologiques avec les centuries du même auteur, dans lesquelles il annonçait l'avenir en vers presque inintelligibles, et qui, à cause de cela peut-être, lui valurent la protection de la superstitieuse Catherine de Médicis.

Rabelais est cité par ses biographes comme l'auteur d'almanachs pour les années 1533, 1535, 1548 et 1550; quelques-uns de ces almanachs, à ce qu'on assure, renfermaient des pronostics; mais ils sont devenus très-rares. Au reste, on ne peut douter du peu de confiance que le facétieux curé de Meudon accordait à ses propres prédictions, lorsqu'il se mêlait de prédire l'avenir, par le passage sui-

que certaine, car il ne faut pas le confondre avec Jacques et Philippe Lansberg, astronomes hollandais, qui vivaient dans le même temps. Le succès prodigieux de cet almanach de Liége ou de Mathieu Laensberg a surtout tenu aux prédictions qui y sont insérées. Lorsqu'on spécule sur la crédulité humaine, on est toujours sûr de réussir; les prédictions ont beau être démenties, le public n'en continue pas moins à consulter le fameux almanach. La Fontaine l'a dit:

> L'homme est de glace aux vérités,
> Il est de feu pour le mensonge [1].

Lagrange m'a raconté, à ce sujet, un fait qui mérite d'être conservé.

vant d'une de ses préfaces, cité par le père Nicéron: « Prédire serait legierté à moy, dit-il, comme à vous simplesse d'y ajouter foy. En est encore, depuis la création d'Adam, nul homme qui en aye traicté ou baillé chouse à quoi l'on doit acquiescer et arrêter en assurance. »

1. Des personnes infatuées des prédictions gratuites que les almanachs renferment ont prétendu avoir bon marché de mon scepticisme en me disant: Est-ce que tous les ans quelques-unes de ces prédictions ne se réalisent pas? Oui, sans doute, ai-je répondu, mais ne voyez-vous pas que la faculté de prédire *toujours* le faux serait aussi précieuse que la faculté de prédire *toujours* le vrai, puisque l'un est la contre-partie de l'autre? D'ailleurs, en fait de prédictions astrologiques ou de proverbes, la mémoire reste frappée d'un cas sur cent dans lequel prédictions ou proverbes se réalisent, et on laisse passer inaperçus les quatre-vingt-dix-neuf autres cas. La situation des personnages sur lesquels portent les prédictions joue aussi un rôle très-important. Ainsi, dans l'Almanach pour 1774, Mathieu Laensberg annonça qu'une dame des plus favorisées jouerait son dernier rôle dans le mois d'avril. Le mois d'avril est précisément celui où Louis XV fut atteint de la petite vérole, et Mme Dubarry expulsée de Versailles. Il n'en fallut pas davantage pour donner à l'almanach de Liége un redoublement de faveur.

L'Académie de Berlin avait anciennement pour principal revenu le produit de la vente de son almanach. Honteux de voir figurer dans cette publication des prédictions de tout genre, faites au hasard ou qui, du moins, n'étaient fondées sur aucun principe acceptable, un savant distingué proposa de les supprimer et de les remplacer par des notions claires, précises et certaines sur des objets qui lui semblaient devoir le plus intéresser le public ; on essaya cette réforme, mais le débit de l'almanach fut tellement diminué et conséquemment les revenus de l'Académie tellement affaiblis, qu'on se crut obligé de revenir aux premiers errements, et de redonner des prédictions auxquelles leurs auteurs ne croyaient pas eux-mêmes.

CHAPITRE XLIX

ÉPHÉMÉRIDES ET ANNUAIRES

Les éphémérides ou annuaires sont des tables dans lesquelles on fait connaître à l'avance les phénomènes astronomiques qui auront lieu dans chaque année, et qui doivent fixer l'attention des observateurs. Les éphémérides nautiques sont une partie des éphémérides astronomiques ; elles signalent tous les phénomènes auxquels les navigateurs peuvent avoir recours pour déterminer la latitude et la longitude d'un navire dans tous les points du globe.

On sera peut-être bien aise de trouver ici l'indication des années pour lesquelles on avait d'avance publié des éphémérides :

1474, Régiomontanus;

xvie siècle, Perlach, Magini, etc.;

Au commencement du xviie siècle, Kepler, Simon Marius, etc.;

Après 1636, Odierna, Malvasia, Montanari, Dominique Cassini;

1678, Picard donna, pour l'année suivante, la *Connaissance des temps*, recueil continué jusqu'à nos jours par Lefèbre, Lieutaud, Godin, Maraldi, Lalande, Jeaurat, Méchain, et le Bureau des Longitudes;

Pour 1715 à 1744, Philippe Desplaces;

Pour 1721 à 1724, Parker;

De 1726 à 1786, éphémérides de Bologne, Eustache Manfredi;

De 1745 à 1774, Lacaille;

1749, éphémérides de Berlin, continuées jusqu'à nos jours avec divers changements dans la forme et même dans la langue;

1754, état du ciel par Pingré;

1757, éphémérides de Vienne, commencées par le père Hell;

1767, *Nautical Almanack*, fondé par Maskelyne et continué jusqu'à nos jours;

1774, éphémérides de Milan, continuées jusqu'à nos jours.

Les annuaires, ou éphémérides abrégées, se sont beaucoup multipliés dans ces dernières années. Quelques Observatoires, quelques Académies en publient de plus ou moins étendus; ils ont, en général, pris pour modèle l'*Annuaire* que l'on doit au Bureau des Longitudes, et dont le premier numéro est celui de l'année 1797. Cet *Annuaire* a été continué sans interruption jusqu'à l'année actuelle. Des Notices, sur divers objets de science, en ont parfois considérablement augmenté l'étendue. Le numéro de 1797 ne renfermait que 72 pages; celui de 1838, par exemple, en contient 632.

CHAPITRE L

MESURE DU TEMPS PAR LE MOUVEMENT DU SOLEIL — ÉTABLISSEMENT DES GNOMONS ET DES CADRANS SOLAIRES — DÉTERMINATION DE LA POSITION D'UN LIEU — USAGES DES ÉPHÉMÉRIDES — OCTANT — SEXTANT — CERCLE DE RÉFLEXION — DÉPRESSION DE L'HORIZON — ASTRONOMIE NAUTIQUE

Beaucoup de personnes ne comprennent l'utilité de l'astronomie que par les services directs qu'on en tire en ce qui concerne la mesure du temps et la détermination des positions relatives des lieux à la surface de notre planète. Il ne saurait donc être indifférent d'insister ici sur les applications des notions et des méthodes astronomiques aux besoins de la vie sociale.

Nous avons vu que la mesure du temps est fondée sur le mouvement du Soleil et que l'on compte 24 heures entre deux passages successifs du Soleil au méridien du lieu; on obtient ainsi le temps vrai en un jour déterminé et il y a une correction à faire pour avoir le temps moyen dont on est convenu de se servir dans la vie civile. Une horloge étant donnée, il suffit, pour la régler, de constater l'instant du passage du Soleil par le méridien et de corriger cet instant (liv. VII, chap. XIII, t. I, p. 294) de la valeur de l'équation du temps qu'on trouve pour chaque jour dans la *Connaissance des temps* et dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. Lorsqu'on a une lunette méridienne à sa disposition, on obtient facilement l'instant exact du passage du centre du Soleil par le méridien, en observant successivement les pas-

sages des deux bords extrêmes du Soleil à l'aide de cette lunette et en prenant la moyenne des deux observations.

Les anciens, qui ne connaissaient pas les lunettes, pouvaient obtenir exactement l'heure du midi vrai à l'aide



Fig. 356. — Armille.

d'instruments encore employés quelquefois : ce sont les armilles et les gnomons; ils sont fondés sur l'observation des ombres produites par les rayons solaires dardant sur des objets placés dans des plans verticaux.

L'armille, mot qui signifie anneau ou collier, se compose de deux cercles (fig. 356), dont l'un horizontal est

porté par quatre supports et dont l'autre vertical est retenu par en bas dans une entaille faite au pied de l'instrument et par les côtés dans deux entailles faites sur l'horizon au nord et au midi. Si le cercle vertical est placé dans le méridien, on obtiendra le midi vrai en notant l'instant où l'ombre pure de la partie antérieure de ce cercle se projettera exactement sur le milieu de la partie postérieure.

Le gnomon (fig. 357) est un style droit, un obélisque,

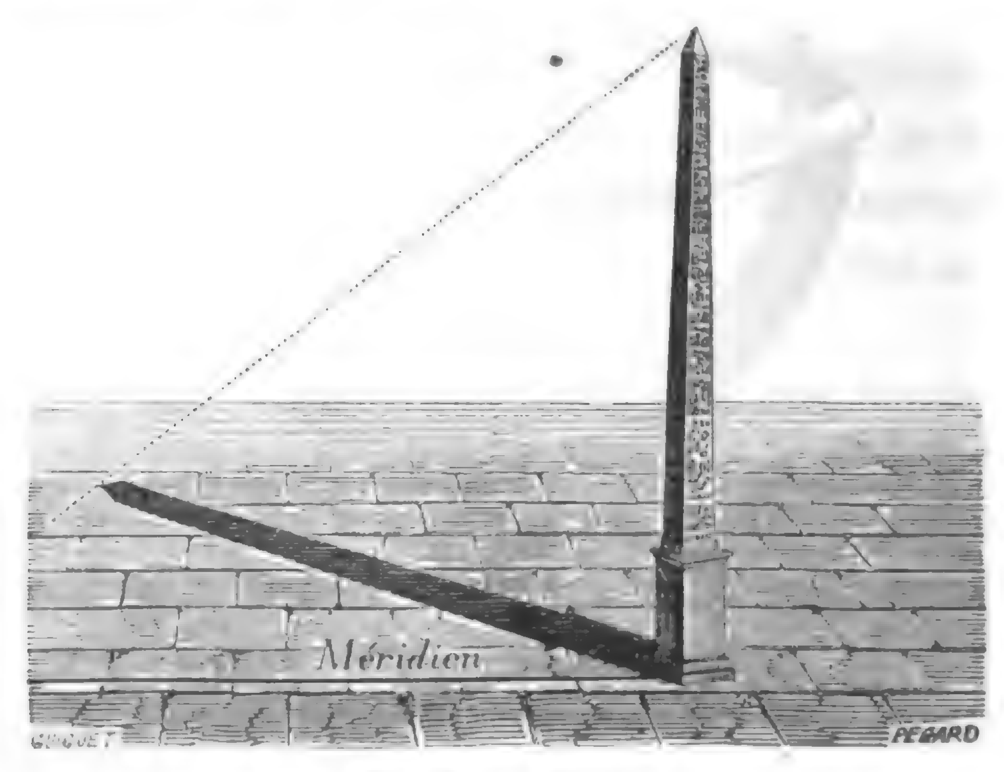


Fig. 357. — Gnomon.

une équerre que l'on place verticalement[1]. Le moment où l'ombre portée arrive à sa longueur minimum est le midi vrai. On peut avec un gnomon déterminer approximativement le plan du méridien en observant la projection de l'ombre sur l'horizon au moment du lever et au moment du coucher du Soleil, et en menant le plan bissec-

1. Le mot grec γνώμων signifie indicateur.

teur des deux positions obtenues. Si l'on prend le rapport de la longueur de l'ombre projetée et de la hauteur du gnomon, on a la tangente trigonométrique de la distance zénithale du Soleil. L'angle que fait avec la trace du méridien l'ombre portée par le gnomon indique en chaque instant l'azimut (liv. vi, chap. i, t. i, p. 213) de l'astre radieux. En observant le gnomon avant midi et après midi dans deux azimuts égaux, on aura le midi vrai en prenant le milieu entre les deux instants marqués.

Pour que les observations faites avec le gnomon aient une certaine exactitude il faut que cet instrument ait de grandes dimensions. Or, d'un autre côté, à mesure que la longueur du style augmente, la pénombre qui provient de ce que le Soleil n'est pas réduit à un point, mais présente un disque de grande dimension, rend la détermination de l'ombre pure de plus en plus confuse. Afin de faire disparaître cet inconvénient on a eu l'idée de mettre à l'extrémité de la tige du gnomon une plaque percée d'un orifice exactement placé dans l'axe du style (fig. 358). La lumière solaire passant à travers cet orifice donne au milieu de l'ombre projetée par la plaque un espace éclairé que l'on voit très-nettement au lieu même où l'on n'eût observé que confusément l'extrémité du style placé à la même hauteur que l'ouverture de la plaque. On conçoit que si l'on met une lentille de verre à la place de la plaque percée on aura au foyer de cette lentille une concentration des rayons du Soleil et qu'on pourra obtenir ainsi une température assez élevée pour produire l'inflammation de la poudre et la détonation d'une arme à

feu placée dans le méridien ; cette détonation annoncera ainsi le midi vrai.

On a vu que le Soleil atteint des hauteurs zénithales différentes selon les saisons ; on comprend donc que les gnomons peuvent servir pour mesurer le retour des saisons, d'après la longueur des ombres projetées.

Les gnomons ont été fort en usage chez tous les anciens peuples. Plusieurs sont célèbres par leurs hauteurs

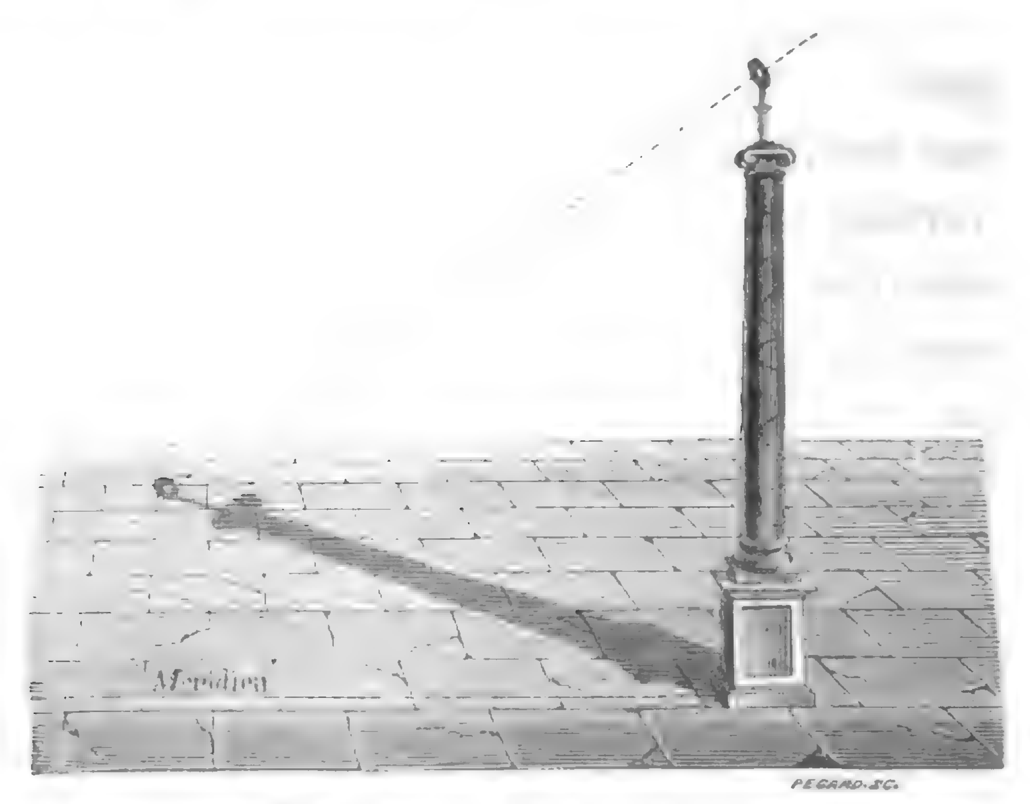


Fig. 358. — Gnomon à plaque percée.

considérables. Sous le règne d'Auguste, l'obélisque de Sésostris placé à Rome dans le champ de Mars et qui avait 34 mètres de hauteur, servait, selon le récit de Pline, à reconnaître les longueurs des jours et des nuits. En 1278, l'astronome Cacheou-king fit élever à Pékin un gnomon de 12^{m}.5 de haut. Paul Toscanelli, vers 1467, fit exécuter dans la coupole de la cathédrale de Florence, un gnomon qui est le plus grand qui existe ; il a 92 mètres

de hauteur. Dominique Cassini construisit à Bologne, en 1653, dans l'église de Sainte-Pétrone, un gnomon dont la plaque était fixée à environ 27 mètres au-dessus du sol, à la naissance de la voûte de l'édifice. Picard, en 1669, commença une méridienne dans la grande salle de l'Observatoire de Paris, qui a 31^{m}.6 de longueur; le gnomon a 9^{m}.93 de hauteur au-dessus du sol de la salle. La méridienne fut ornée par Cassini II, en 1750, de divisions et de signes indiquant les longueurs de l'ombre portée correspondantes à l'entrée du Soleil dans les douze signes du zodiaque (*Mémoires de l'Académie des sciences pour* 1732, p. 452). Le gnomon de l'église Saint-Sulpice, qui a 16 mètres de hauteur, a été établi par Lemonnier en 1742; la plaque percée est adaptée à la partie supérieure du portail latéral du sud, et la trace du plan méridien mené par le trou de la plaque est figurée sur le pavé de l'église par une ligne de cuivre qui traverse l'édifice dans sa plus grande largeur.

Le mouvement apparent du Soleil s'effectue chaque jour d'une manière uniforme selon un cercle de la sphère céleste perpendiculaire à l'axe du monde. Il résulte de là que si en un point quelconque de la Terre on mène une ligne droite parallèle à l'axe du monde, cette ligne droite et l'astre radieux forment un plan qui décrit 360 degrés en 24 heures. Le Soleil étant à midi dans le plan méridien, il sera à 1 heure dans un plan faisant 15° avec le méridien; à 2 heures, il sera dans un autre plan faisant 30°, et ainsi de suite; tous ces plans passant par l'axe du monde viendront rencontrer, suivant des lignes différentes, une surface quelconque

plane ou courbe, verticale, horizontale ou diversement inclinée. Ces lignes d'intersection correspondront évidemment aux différentes heures de la journée. Si la ligne supposée parallèle à l'axe du monde est un style délié, les rencontres des plans passant par le Soleil avec une surface quelconque seront les ombres du style. On aura donc un cadran solaire en installant d'une manière invariable un style parallèle à l'axe du monde, sur une surface exposée au rayonnement du Soleil et en traçant sur cette surface par des méthodes géométriques les rencontres de plans faisant de part et d'autre du méridien des angles variant de 15 en 15 degrés. On conçoit du reste facilement qu'on pourra fractionner les heures en intercalant entre les premiers plans d'autres plans partageant l'angle de 15 degrés de la même manière qu'on veut subdiviser chaque heure. Telle est la théorie succincte des cadrans solaires dont l'histoire a été donnée au commencement de ce traité (liv. II, chap. V, t. I, p. 43). On voit que les cadrans solaires (fig. 15 du tome Ier) ne sont que des gnomons dont le style est dirigé suivant l'axe du monde, et l'on doit se rappeler que la direction de cet axe est en chaque lieu celle d'une droite située dans le méridien avec une inclinaison égale à la latitude.

L'invention des lunettes, en permettant de faire les observations avec une excessive précision, a ôté aux instruments précédents la plus grande partie de leur intérêt. Il suffit de faire avec un théodolite l'observation de deux hauteurs correspondantes (liv. VI, chap. III, t. I, p. 227) du Soleil avant et après son passage au méridien, pour pouvoir régler une horloge. Quand on connaît la lati-

tude du lieu de l'observation, il suffit même de la mesure d'une seule hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon à un instant quelconque de la journée, pour obtenir l'heure exacte par le calcul, en prenant dans la *Connaissance des temps* la déclinaison solaire pour l'époque considérée.

Dès qu'on peut en un lieu donné déterminer l'heure sans difficulté, il est évident, d'après les détails que nous avons exposés dans le livre consacré à la Terre (liv. XX, chap. XIX et XX, t. III, p. 254 à 296), que sur la terre ferme l'astronome muni de ses instruments et de la *Connaissance des temps* pourra toujours connaître exactement la position qu'il occupe. En effet, il saura trouver sa latitude et l'heure à un moment donné; l'observation d'un signal tel que la distance d'une étoile au Soleil ou à la Lune lui fournira le moyen de trouver par les tables de la *Connaissance des temps* l'heure de Paris au même moment; la comparaison des deux heures donne la longitude du lieu. Ayant la latitude et la longitude, c'est-à-dire les deux coordonnées géographiques du lieu, on trouve immédiatement ce lieu sur la carte.

Les mêmes méthodes pourraient servir sans aucun changement aux navigateurs pour obtenir la position de leur vaisseau chaque jour et à chaque instant, s'il était possible d'établir sur un navire le théodolite, le cercle répétiteur, la pendule sidérale, les quarts de cercle ou les autres grands instruments des observatoires. L'agitation continuelle d'un bâtiment placé sur mer s'opposant à l'emploi du fil à plomb et du niveau, sans lesquels les instruments astronomiques ordinaires ne peuvent servir, on a

dû recourir à de nouveaux instruments appropriés à un observatoire constamment mobile. On a déjà vu que les pendules ont été remplacées par des montres marines, des chronomètres, des garde-temps, auxquels des horlogers célèbres en France et en Angleterre, les Berthoud, les Breguet, les Emery, les Mudge, etc., ont donné une précision extrême et remarquablement uniforme. Pour mesurer la hauteur d'un astre ou la distance de deux astres, on imagina, à partir du xve siècle, l'arbalestrille et le quartier anglais. L'arbalestrille était une espèce de croix dont le croisillon appelé marteau glissait le long de la pièce la plus longue appelée la flèche; on mettait l'œil au bout de la flèche et l'on disposait l'instrument de telle sorte que l'un des bouts du croisillon fût dirigé vers la mer et l'autre bout vers le bord du Soleil jusqu'à ce que les deux rayons visuels sous-tendissent exactement l'angle entre l'horizon et le Soleil ; les divisions marquées sur la flèche indiquaient la hauteur du Soleil. Le quartier anglais se composait de deux arcs de cercle concentriques, mais de rayons inégaux, placés dans un même plan. Au centre était une pinnule à travers laquelle on visait à l'horizon de la mer. Une pinnule mobile placée sur le petit arc était haussée ou abaissée jusqu'à ce que l'image qu'elle transmettait à la pinnule centrale fût réfléchie à une troisième pinnule placée sur le grand arc et à laquelle l'œil était appliqué; la somme des deux arcs interceptés était la hauteur du Soleil et celle des deux arcs restants la distance au zénith.

L'arbalestrille et le quartier anglais étaient peu exacts et d'un emploi difficile, quoiqu'on les eût modifiés de ma-

nière à observer des ombres portées au lieu de la lumière directe du Soleil; on les a remplacés avec avantage par les instruments à réflexion, dont la première idée est due à Newton. Ces nouveaux instruments sont l'octant, le sextant et le cercle de réflexion. Leur usage s'est répandu dans toutes les marines, depuis le Mémoire publié à ce sujet par Halley en 1731. Voyons d'abord quel est le principe des instruments à réflexion.

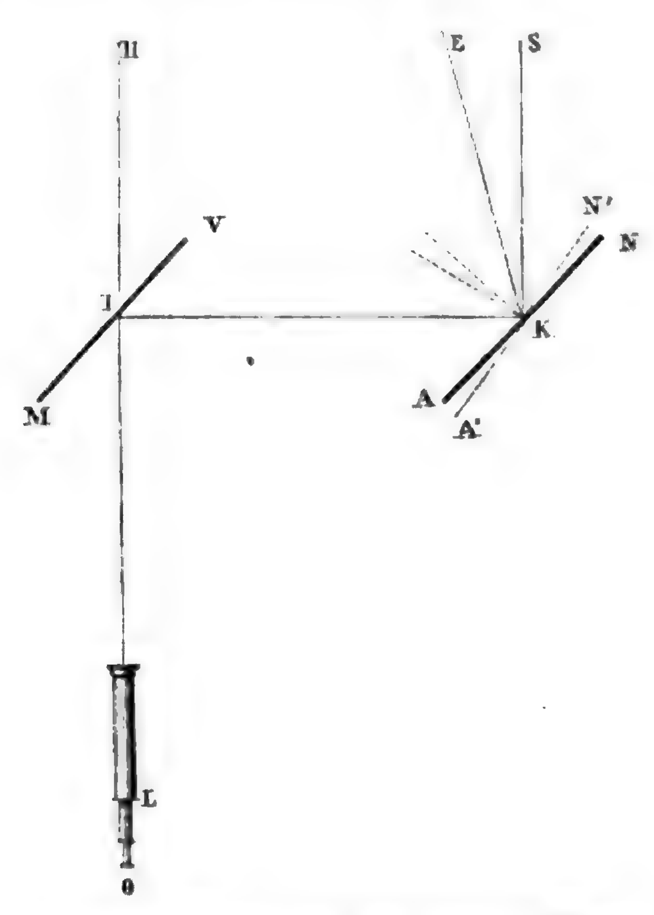


Fig. 359. — Principe des instruments à réflexion.

Imaginons que l'on place en MV (fig. 359) un miroir fixe à faces parallèles, étamé dans la moitié de sa longueur, et qui laisse par conséquent arriver à une lunette ou à une pinnule L les rayons transmis HIO et les rayons réfléchis KIO. Supposons en outre qu'un miroir AN entièrement étamé et mobile autour du point K soit originairement

placé parallèlement à MV. Un rayon lumineux SK tombant sur AN parallèlement à HI se réfléchira évidemment suivant une ligne KI, et ensuite suivant une ligne IO, de telle sorte qu'après cette double réflexion il se confondra avec le rayon direct HIO. Cela résulte manifestement de la théorie des lignes parallèles (liv. I, chap. IX, t. I, p. 24 à 30), et de la propriété qu'ont les angles des rayons lumineux incidents et des rayons réfléchis avec la surface incidente d'être égaux entre eux (liv. III, chap. II, t. I, p. 73). Il est bien évident d'ailleurs qu'il faut que les plans des deux miroirs soient perpendiculaires au plan des rayons incidents HI et SK. Maintenant supposons qu'un autre rayon lumineux EK vienne tomber sur le miroir AN, et faisons tourner ce miroir jusqu'à l'amener dans une position A'N', telle qu'après deux réflexions ce rayon lumineux, ayant suivi le chemin EKIO, vienne encore se confondre avec HIO. Nous aurons évidemment EKS = EKN' + N'KN — SKN. Mais, à cause de la propriété des rayons lumineux et réfléchis que nous venons de rappeler, on a SKN = IKA, EKN' = IKA'; par conséquent on a aussi EKS = IKA' + N'KN — IKA; mais IKA' — IKA = AKA' et en outre AKA' = N'KN; on a donc EKS = 2N'KN. Ainsi, l'angle des deux rayons lumineux EK et SK est le double de l'angle dont on a dû faire marcher le miroir mobile entièrement étamé pour amener les images de E et de H à coïncider. Le miroir mobile est appelé le grand miroir; l'autre miroir fixe, partiellement étamé seulement, est appelé le petit miroir.

Dans les instruments à réflexion, le miroir mobile en-

traîne une alidade munie d'un vernier, et qui se meut le long d'un arc de cercle divisé. Afin de ne pas avoir de multiplication d'angle à faire, on marque directement sur ce cercle des nombres doubles des divisions angulaires réellement parcourues.

Si l'arc que peut décrire l'alidade du miroir mobile est de 45° (le huitième de la circonférence) on a un *octant* (fig. 360), et l'on peut mesurer des angles compris entre

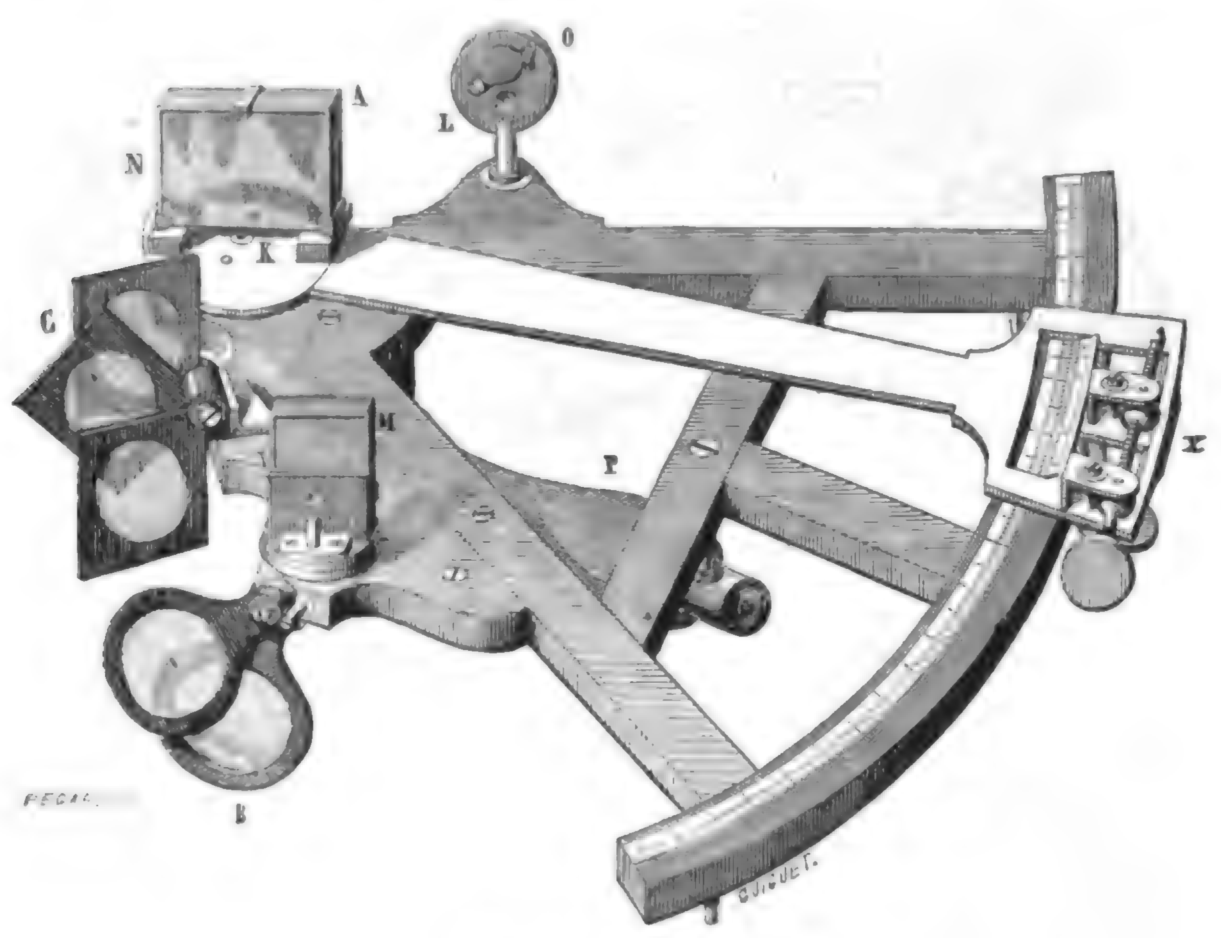


Fig. 360. — Octant.

0 et 90°. L'instrument devient un *sextant* (fig. 361) lorsque l'arc est de 60°, le sixième de la circonférence, et l'on peut mesurer des angles de 120°. Les sextants construits en France par Gambey ont une merveilleuse exactitude qui les a justement rendus célèbres.

L'observateur tient ces instruments de la main droite

à l'aide d'une poignée P, tandis que de la main gauche il fait avancer l'alidade X. Lorsqu'on vise des astres, tels que le Soleil et quelquefois la Lune, dont la lumière est trop intense, on diminue l'éclat de cette lumière à l'aide de plaques B et C mobiles à charnière, et faites de verre coloré.

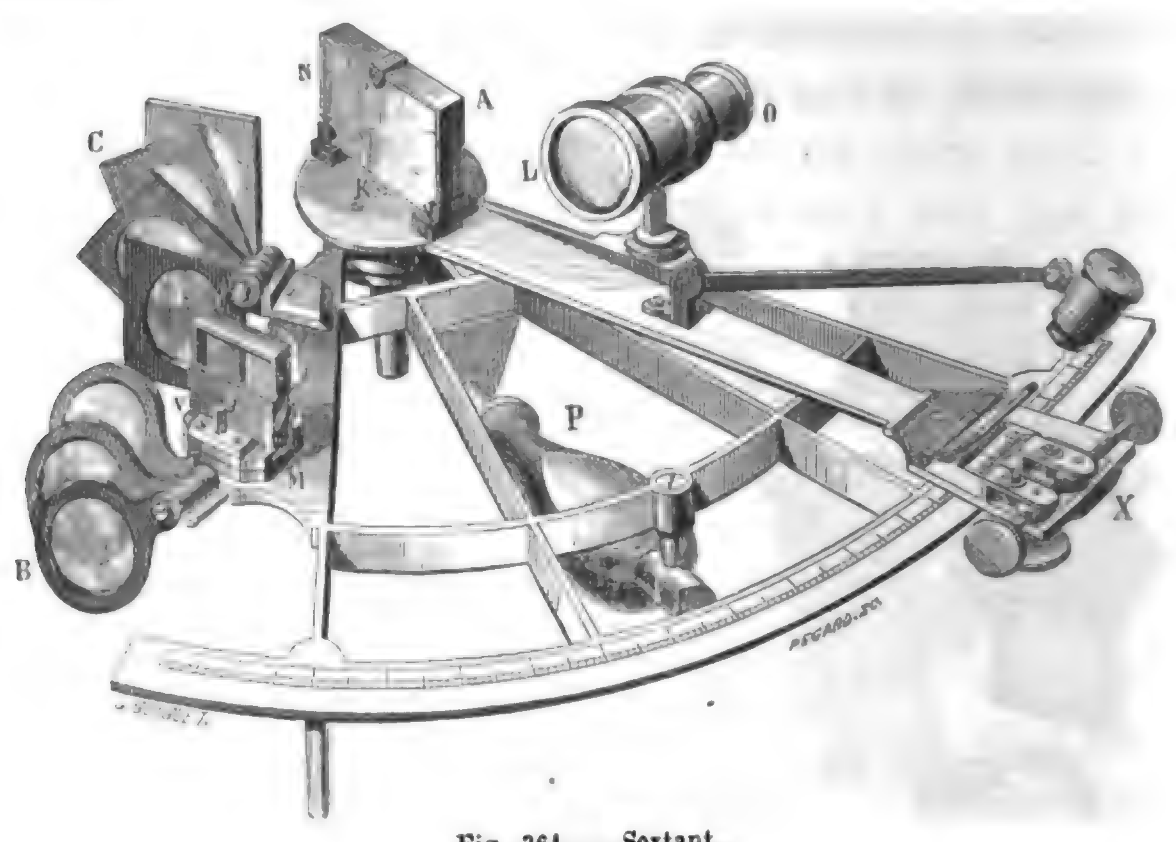


Fig. 361. — Sextant.

Les observations exécutées à l'aide de l'octant et du sextant exigent que les plans des deux miroirs soient parfaitement perpendiculaires au plan du limbe gradué, et qu'en outre l'alidade se trouve exactement au zéro de la division quand les deux miroirs sont parallèles. Les rectifications se font assez facilement à l'aide de vis dont sont armés les deux miroirs. On regarde dans la direction du grand miroir et un peu de côté, de manière à voir à la fois directement l'arc de cercle et par réflexion son image; les deux arcs doivent être exactement dans le prolonge-

ment l'un de l'autre. Cela obtenu, on amène l'alidade au zéro de la graduation, et l'on vise une tige telle que celle d'un paratonnerre avec l'instrument placé dans un plan perpendiculaire à cette tige; on arrange alors le petit miroir de telle sorte que les images données par les deux miroirs coïncident parfaitement.

En mer, on peut corriger l'erreur du zéro, dite erreur de collimation, en visant le Soleil et en amenant l'image réfléchie à être successivement tangente aux bords opposés du disque solaire. Borda a modifié les instruments à réflexion de manière à les rendre répétiteurs et de telle sorte que les observations soient indépendantes de l'erreur de collimation. Dans le cercle de réflexion (fig. 362), le système du petit miroir MV et de la lunette OL, au lieu d'être fixe, comme dans l'octant et dans le sextant, peut se mouvoir tout entier autour du limbe, et la lunette est accompagnée d'une alidade U. Le grand miroir AKN se meut en outre d'une manière indépendante sur un cercle entier. On commence par placer l'alidade du grand miroir sur le zéro de la graduation du limbe et on la fixe en ce point. On fait ensuite tourner le système de la lunette et du petit miroir jusqu'à ce qu'il y ait coïncidence entre l'image d'un objet vu directement et l'image d'un second objet vu par deux réflexions sur les miroirs. L'angle des deux miroirs est alors, selon le principe démontré plus haut, le double de la distance angulaire des deux objets. On fixe au limbe le système de la lunette et du petit miroir, puis on renverse l'instrument face pour face. On vise alors le premier objet avec la lunette; le second n'est pas aperçu, puisque le grand miroir n'est pas tourné

de son côté. Mais on détache l'alidade du grand miroir, et on le fait tourner jusqu'à ce que l'image du second objet ayant reparu soit venue coïncider avec l'image du premier ; il est évident que l'index du vernier aura parcouru sur le limbe le double de l'angle cherché. De cette façon, on diminue de la moitié, du quart, etc., l'erreur de lecture.

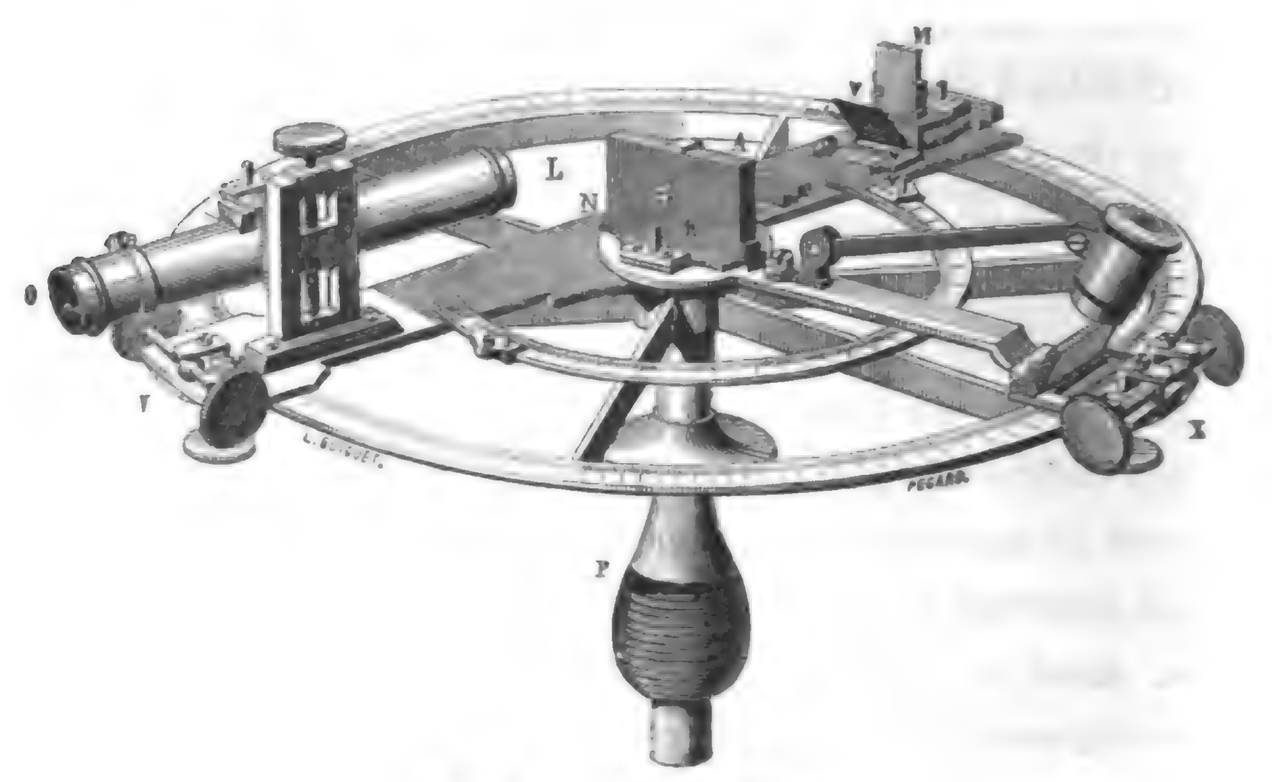


Fig. 362. — Cercle de réflexion.

Les instruments que nous venons de décrire servent à trouver soit la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon, soit la distance angulaire de deux astres en un moment donné. En joignant à ces observations les indications des éphémérides de la *Connaissance des temps*, on aura donc la latitude du navire, l'heure exacte rapportée au temps vrai ou au temps moyen, et enfin la longitude. Les distances de la Lune au Soleil, aux grandes planètes et aux principales étoiles, telles que Aldebaran, α de la Vierge,

Pollux, Régulus, Antarès, α du Bélier, Fomalhaut, α de Pégase, α de l'Aigle, etc., contenues dans les tables de la *Connaissance des temps*, ainsi que les circonstances les plus remarquables des éclipses et des occultations, donnent des moyens faciles de résoudre partout par des observations faites avec le sextant et par des calculs très-simples, le problème jadis si difficile des longitudes, une fois que l'heure d'un lieu et la latitude sont connues par des observations de hauteur.

Les observations de la hauteur d'un astre, telles que celles de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, se font en mer en prenant pour plan horizontal le plan tangent mené par l'œil de l'observateur à la surface arrondie de l'Océan. Il est évident que ce plan tangent est d'autant plus abaissé au-dessous de l'horizon vrai que l'observateur est placé plus haut au-dessus de la mer. On doit donc diminuer la hauteur observée d'une certaine quantité, qu'on appelle la dépression de l'horizon. Le calcul de cette dépression a donné les résultats suivants :

Hauteur de l'observateur au-dessus de la surface de la mer.	Dépression de l'horizon.
mètres	
1	1′ 56″
3	3 20
10	6 6
20	8 36
30	10 34
40	12 12

Tels sont, en abrégé, les principes de l'astronomie nautique qui servent à renseigner exactement le navigateur sur l'heure et la position du lieu où il se trouve, et par

conséquent sur le chemin qu'il doit suivre à travers les vastes plaines de l'Océan, loin de la terre et de tout objet terrestre pouvant lui servir de signal. Ces principes sont parfaitement applicables à des voyages entrepris sur la terre ferme. Seulement il faut alors remplacer l'horizon de la mer par un horizon artificiel fait de verre ou formé d'un liquide immobile, tel que du mercure ou de l'huile. Alors on doit observer l'astre directement et par réflexion, et mesurer l'angle compris entre le bord inférieur du disque de l'astre et l'image de ce bord produite par réflexion sur l'horizon artificiel; on obtient ainsi le double de la hauteur du bord inférieur de l'astre observé au-dessus de l'horizon; il n'y a plus qu'à lui ajouter la moitié du diamètre apparent pour avoir la hauteur du centre de l'astre.

Ce chapitre, dont les détails sont sans doute un peu arides, termine les notions que j'avais à donner sur le calendrier : je pense que le lecteur comprendra désormais comment il est possible de fixer dans le temps tous les événements qui se passent à la surface de notre planète. Je vais maintenant compléter les principes de l'*astronomie populaire* que j'ai cherché à rendre aussi clairs qu'il m'a été possible, en transportant le lecteur successivement dans les principaux corps du système solaire, et en lui montrant sous leurs aspects divers les phénomènes de la voûte céleste.

LIVRE XXXIV

MÉLANGES URANOGRAPHIQUES

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Il est curieux de rechercher quelle difficulté les hommes auraient eu à vaincre pour arriver à la connaissance du système de l'univers, si placés dans la Lune, sur Jupiter, sur Saturne, ils n'avaient eu à leur disposition que les observations faites dans ces positions spéciales. Kepler est, je crois, le premier qui ait examiné les phénomènes astronomiques à ce point de vue.

Je vais suivre son exemple, dans la persuasion qu'un pareil examen, outre qu'il fournit des résultats singuliers très-dignes d'intérêt, offrira aux amateurs d'astronomie un utile exercice.

Des personnes très-pieuses ont imaginé que d'examiner ce que serait l'astronomie pour un observateur situé dans diverses planètes, c'était se mettre dans un désaccord coupable avec l'Écriture sainte. Je ne partage pas cet avis. En effet, en transportant un observateur sur différentes planètes, et même au centre du Soleil, nous ne disons pas qu'il ressemble aux habitants de notre

globe. D'ailleurs, des théologiens très-savants, le docteur Chalmers, par exemple, ont prouvé que rien dans les livres saints n'interdit la supposition que les planètes sont habitées.

CHAPITRE II

L'ASTRONOMIE POUR UN OBSERVATEUR PLACÉ SUCCESSIVEMENT AU CENTRE ET A LA SURFACE DU SOLEIL

A ceux qui s'étonneraient de me voir d'abord décrire les phénomènes du firmament pour un observateur situé sur le Soleil, je dirai qu'une telle supposition n'entraîne nullement la conséquence que cet astre peut être habité, surtout par des observateurs de l'espèce humaine ; qu'en cela je ne fais que suivre l'exemple que m'ont donné divers écrivains ecclésiastiques, tels que l'abbé Hervas y Panduro, jésuite, dans son ouvrage en quatre volumes, intitulé *Viago estatico al mundo planetario*, imprimé à Madrid en 1763. Enfin, pour rassurer les consciences les plus timorées, j'ajouterai que le cardinal de Cusa fit paraître dans le xve siècle un ouvrage dans lequel il cherchait à établir que le Soleil est habité.

Pour un observateur situé au centre du globe solaire, toutes les étoiles sembleraient attachées, comme elles le paraissent à un observateur terrestre, à une sphère solide ; mais dans le cas actuel cette sphère paraîtrait immobile, tandis que sur notre globe elle semble douée d'un mouvement général dirigé de l'orient à l'occident. Ce mouvement très-rapide a fourni aux astronomes de la Terre une unité de temps (le jour sidéral) sur laquelle ils ont réglé

la marche de leur pendule, et dont ils ont tiré le plus grand parti dans l'étude des phénomènes célestes. Privé de cette ressource, puisque les étoiles seraient complétement immobiles à ses yeux, un astronome, situé au centre du Soleil, pourrait, j'imagine, régler sa pendule sur le temps que la Lune semblerait employer à faire le tour de la Terre. Du reste, rien de plus simple que l'astronomie pour un observateur ainsi placé.

Les phases de Mercure et de Vénus, ce phénomène si remarquable quand on l'observe de la Terre, n'existeraient ni pour ces deux planètes ni pour les autres. On n'aurait donc aucun moyen de savoir si les planètes sont lumineuses par elles-mêmes.

Les mouvements des planètes à travers les constellations se feraient tous dans le même sens, mais avec des vitesses inégales. Les planètes, dans leur course, ne seraient assujetties ni aux stations ni aux rétrogradations qui avaient si fort embarrassé les astronomes de l'antiquité et les observateurs modernes.

L'astronome solaire pourrait bien, avec un micromètre très-exact, déterminer les variations de distance de chaque planète, et trouver jusqu'à un certain point que ces astres ne se meuvent pas dans des cercles, mais il ne posséderait aucun moyen de déterminer les distances absolues, ni même les rapports de ces distances. Ainsi, pour lui, les belles lois de Kepler seraient lettres closes. Quant aux distances relatives, il n'aurait aucune méthode pour les découvir, seulement il arriverait conjecturalement à supposer que les planètes les plus voisines sont celles qui emploient le moins de temps à revenir aux mêmes con-

stellations, et que les plus éloignées doivent être celles qui mettent le plus de temps à faire une révolution entière; ainsi, il admettrait que Mercure est la plus voisine et Saturne la plus éloignée de toutes les planètes anciennement connues.

Tous ces moyens d'investigation si imparfaits pour l'astronome central se perfectionneraient notablement si nous le transportions sur la surface solaire. Alors les étoiles se lèveront et se coucheront aux limites de l'horizon de chaque lieu. Ce mouvement s'exécutera pour toutes les étoiles d'orient en occident, l'intervalle qui s'écoule entre deux levers et deux couchers consécutifs, l'intervalle compris entre deux passages successifs d'une étoile quelconque au méridien, sera de $25^{j}.34$. L'astronome pourra donc puiser dans les mouvements célestes la mesure du temps.

Nous venons de dire que l'observateur placé à la surface du Soleil verrait la sphère des étoiles se mouvoir de l'orient à l'occident; ajoutons que l'axe autour duquel ce mouvement de rotation paraîtrait s'exécuter différerait notablement de l'axe autour duquel nous voyons de la Terre le ciel tourner; les pôles de rotation au lieu d'aboutir à la petite Ourse passeraient par la position excentrique de l'observateur relativement au point autour duquel tous les mouvements planétaires s'exécutent; il en résulterait, pour ces mouvements, des inégalités dont on pourrait déduire les distances de ces divers astres au Soleil.

Ainsi un observateur situé à la surface du Soleil pourrait jusqu'à un certain point, à l'aide de ses seules observations, arriver à la connaissance des lois de Kepler.

CHAPITRE III

L'ASTRONOMIE POUR UN OBSERVATEUR SITUÉ SUR MERCURE

Cherchons d'abord sous quel angle un astronome situé dans Mercure verrait le Soleil. A la surface de la Terre le diamètre moyen de cet astre est de 30′. Sur Mercure ce diamètre serait de 1° 17′ 30″. Le Soleil se présenterait donc à un habitant de Mercure comme un disque plat, lumineux, dont la surface serait à celle du disque solaire vu de la Terre comme 6.7 est à 1.

L'intensité de la lumière solaire variant en raison inverse du carré des distances, la portion de cette lumière que Mercure arrête, est à la portion qu'une partie équivalente de la surface terrestre reçoit, dans le rapport inverse des carrés des nombres 0.387 et 1, ou dans le rapport de 6.67 à 1. Ainsi on peut conjecturer que la chaleur dont les rayons solaires sont l'origine est beaucoup plus grande sur Mercure que sur la Terre. Nous nous contentons d'indiquer la supériorité de température de Mercure en termes généraux. Pour donner une évaluation numérique, relative à une portion solide de cette planète, il serait nécessaire de connaître la constitution de son atmosphère, surtout sous le rapport de la diaphanéité.

Mercure tournant sur lui-même en $24^h\ 5^m$ (de nos heures) de l'occident à l'orient (liv. XVIII, chap. IV, t. II, p. 504), le ciel étoilé doit paraître tourner en sens contraire et y exécuter une révolution complète dans un temps égal à celui qu'un horizon emploie à revenir à la même position, c'est-à-dire en $24^h\ 5^m$.

Le Soleil, vu de Mercure, semble se mouvoir dans le ciel et parcourir toutes les constellations en 87j.97 ou à peu près 88 de nos jours : telle serait la durée de ce que les habitants de Mercure devraient appeler leur année.

Il y a sur Mercure des équinoxes et des solstices comme sur la Terre. Les équinoxes arrivent lorsque la trace de l'équateur de Mercure sur le plan de son orbite passe par le Soleil. Les solstices ont lieu quand le Soleil est à 90° des points équinoxiaux.

Nous avons dit que le diamètre moyen du Soleil, vu de Mercure, s'élève à 1° 17′ 30″, mais ce diamètre doit paraître très-variable ; sa moindre valeur est de 1° 37′ 43″, sa plus grande de 1° 4′ 14″. Ces variations sont évidemment liées aux changements de distance de la planète au Soleil : l'orbite apparente de l'astre radieux autour de Mercure n'est donc pas circulaire.

Si un observateur situé dans Mercure, se dégageant des illusions des sens, arrivait à reconnaître que le mouvement apparent du Soleil est la conséquence inévitable de son propre mouvement autour de ce grand astre, il tirerait, des variations incessantes du diamètre solaire, les valeurs comparatives des rayons vecteurs correspondant à chaque jour d'observation et découvrirait ainsi que sa planète se déplace dans une orbite elliptique dont le centre du Soleil occupe le foyer.

Nous n'avons rien dit, comme de raison, dans cet exposé très-court de l'astronomie de Mercure, de tout ce que vit le père Athanase Kircher, de *serein* et de *vif* dans son voyage extatique à cette planète, ni des influences favorables, concernant leur esprit et leur adresse,

que les hommes peuvent recevoir à leur naissance par l'action de Mercure.

Dans son Voyage extatique, le père Kircher feint d'être porté dans les espaces célestes et autour des différentes étoiles sous la conduite d'un génie, et il nous fait part de tout ce qu'il a vu dans cette pérégrination extraordinaire. Mais son récit est partout empreint des préjugés astrologiques de l'époque et des erreurs dont l'astronomie proprement dite était alors infestée. L'ouvrage du même auteur intitulé : *Ars magna lucis et umbræ*, quoiqu'il ne soit pas entièrement irréprochable, mérite beaucoup plus que son voyage d'être recommandé à l'attention des savants.

CHAPITRE IV

L'ASTRONOMIE POUR UN OBSERVATEUR SITUÉ SUR JUPITER

Vu de Jupiter, le Soleil doit se présenter sous la forme d'un disque circulaire ayant 5′ 46″ de diamètre.

Quand on veut se faire de la Terre une idée exacte de la grandeur et de l'éclat que l'astre radieux doit présenter à un observateur situé sur Jupiter, il faut découper dans une plaque opaque une ouverture dont le diamètre, examiné à l'œil nu, sous-tende un angle de 5′ 46″, et faire en sorte que cette ouverture se projette sur le Soleil, car le diamètre apparent de cet astre diminue avec la distance, tandis que son éclat intrinsèque reste constant.

La quantité de chaleur et de lumière répandue par le Soleil à la surface de Jupiter est à la quantité de chaleur et de lumière qu'une portion de même étendue reçoit

à la distance de la Terre, dans le rapport inverse des carrés des distances, ou comme 0.037 : 1 (liv. XXVII, chap. I, p. 326).

J'avertirai de nouveau qu'il ne faut pas s'en rapporter seulement à ces nombres lorsqu'on veut juger les climats comparatifs de Jupiter et de la Terre. Pour une égale quantité de chaleur et de lumière les températures définitives pourraient être considérablement modifiées suivant les propriétés des enveloppes gazeuses dont les planètes sont entourées ; suivant les obstacles, plus ou moins considérables, que ces enveloppes opposeraient à la déperdition de la chaleur ; etc.

On n'a qu'à se rappeler l'expérience faite par Saussure sur la température définitive que reçoivent les corps au milieu d'une enceinte formée de plusieurs enveloppes de verres diaphanes, pour être convaincu de la nécessité de la restriction sur laquelle j'ai insisté de nouveau.

Les étoiles, vues de Jupiter, se lèvent à l'orient et se couchent à l'occident; le temps de leur révolution complète est d'un peu moins de dix heures (liv. XXVII, ch. III, p. 328), en sorte que l'intervalle compris entre le lever et le coucher d'un de ces astres n'atteint jamais cinq heures.

Le Soleil vu de Jupiter paraît avoir dans la sphère étoilée un mouvement dirigé de l'occident à l'orient. En vertu de ce mouvement cet astre emploie à parcourir toutes les constellations zodiacales 4,332^{j}.58 ou 11 ans et 10 mois 17^{j}.6.

Mercure, Vénus, la Terre et Mars, sont, pour un observateur situé sur Jupiter, des planètes inférieures. On doit

les voir avec des lunettes s'éloigner du Soleil jusqu'à de certaines distances un peu variables, tantôt à l'orient, tantôt à l'occident. Mars lui-même doit être rarement visible à l'œil nu, puisque dans ses plus grandes digressions il ne s'éloigne du Soleil que de 16°. Saturne est pour l'astronome de Jupiter, une planète supérieure offrant dans son mouvement annuel tantôt une marche directe, tantôt une marche rétrograde, ces deux mouvements dissemblables étant séparés les uns des autres par des positions dans lesquelles la planète est stationnaire.

L'équateur de Jupiter coïncidant à peu près avec le plan de l'orbite, le Soleil doit se présenter toujours de la même manière aux différents points de la planète ; les quantités de lumière et de chaleur que ces divers points reçoivent du Soleil étant les mêmes dans tous les temps, il n'y a pas lieu de distinguer dans les deux hémisphères un hiver et un été. On jouit donc sur Jupiter d'un printemps perpétuel, pourvu qu'on attache à cette expression son sens véritable (liv. XXXIII, chap. XLI, p. 721), qui, dans ce cas, signifie seulement que l'action éclairante et calorifique du Soleil est toujours la même dans chaque point déterminé de la planète ; ce qui n'implique pas qu'elle doit être égale quand on compare entre eux les points situés sous des latitudes différentes.

Les satellites, ou plutôt les Lunes de Jupiter, font leur révolution dans des temps fort courts comparés au temps que la Lune emploie à faire le tour de la Terre. La première de ces Lunes, la plus rapprochée de la planète, parcourt les 36° de son orbite en $1^{j}.77$. Le géographe, le marin de Jupiter doit trouver dans la rapidité

de ce mouvement des moyens très-précis de déterminer les longitudes des points où il se transporte. Les éclipses de cette Lune résultant de son passage dans l'ombre que Jupiter projette derrière lui à l'opposite du Soleil, les éclipses partielles de Soleil occasionnées par les interpositions incessantes de cette première Lune entre l'astre radieux et la planète, doivent conduire, sur Jupiter, chaque jour à des moyens non moins exacts de perfectionner la géographie et la navigation.

Le père Kircher disait dans son Voyage extatique, que sur Jupiter l'air était salubre, que les eaux étaient très-claires et les terres aussi brillantes que l'argent. Tout cela est à la rigueur possible, mais les observations ne justifiant pas de telles conséquences, nous avons dû nous abstenir d'en faire mention.

Nous ne parlerons pas non plus des influences heureuses que Jupiter et Vénus, suivant le père Kircher, doivent exercer sur les habitants de la Terre. De telles conjectures n'appartiennent pas à l'astronomie; elles sont du ressort de l'astrologie, prétendue science qui depuis longtemps a perdu tout crédit.

CHAPITRE V

L'ASTRONOMIE POUR UN OBSERVATEUR SITUÉ SUR SATURNE

Les partisans des causes finales ont prétendu que l'anneau de Saturne avait été donné à cette planète pour suppléer à la faiblesse des rayons solaires. Mais cette théorie, tant de fois combattue, est ici complétement in-

admissible, puisque dans une portion très-considérable de la planète, l'anneau n'est pas aperçu.

Si par le bord extérieur du premier anneau, on mène des tangentes au globe de Saturne, on trouve que les points de contact sont situés à 66° 36′ de l'équateur de Saturne : il y a donc sur cette planète deux zones qui, à partir des pôles, ont 23° 24′ d'étendue en latitude et dans lesquelles un observateur ne soupçonnerait pas l'existence de l'anneau, deux zones que la lumière de l'anneau n'éclaire jamais.

Les tangentes menées du bord intérieur de l'anneau touchent le globe de Saturne en des points situés à 53° 28′ de l'équateur. Entre les parallèles 53° 28′ et les pôles, le bord intérieur de l'anneau n'est jamais aperçu.

La plus grande largeur angulaire des deux anneaux principaux dont se compose l'anneau de Saturne a lieu pour l'anneau extérieur sur les parallèles d'environ 45°. Cet anneau sous-tend sous ces parallèles un angle de 3° 19′.

L'intervalle compris entre les deux anneaux est à son minimum sous la latitude de 42° 45′ et s'élève à 47′. Le maximum de largeur de l'anneau intérieur a lieu pour les parallèles 35° 30′ et se monte à 11° 26′.

A l'équateur de Saturne, l'anneau se présente sous la forme d'une ligne lumineuse très-étroite passant par le zénith.

Pour chaque point donné sur la surface de la planète, la position des anneaux doit correspondre aux mêmes points du ciel, et cacher constamment une même zone d'étoiles.

En se servant des données que nous avons rassemblées dans le livre consacré à Saturne, et en faisant des supputations sur sa distance au Soleil, sur sa rotation, sur ses satellites, comme nous l'avons fait dans le chapitre précédent pour Jupiter, on arriverait à des considérations analogues à celles que nous avons exposées pour cette planète; nous n'avons pas à insister davantage sur ce sujet.

Dans Saturne, suivant le père Kircher, tout est triste, affreux et sombre; c'est par l'influence de cette planète, jointe à l'influence également malfaisante de Mars, que toutes les misères qui accablent les mortels se répandent sur la Terre.

CHAPITRE VI

LES PHÉNOMÈNES ASTRONOMIQUES TELS QU'ILS SE MONTRERAIENT A UN ASTRONOME PLACÉ SUR LA LUNE

Les habitants hypothétiques de la Lune ont été appelés des Sélénites, du nom grec de notre satellite. Nous nous servirons de cette dénomination dans le seul but d'éviter des périphrases.

Remarquons, dès le début, qu'il faut distinguer dans la Lune deux hémisphères, l'un qui se voit toujours de la Terre, l'autre au contraire qui est constamment invisible; plaçons d'abord l'observateur sur l'hémisphère visible.

Le Sélénite qui habite l'hémisphère de la Lune tourné vers la Terre, doit voir toutes les étoiles du firmament se mouvoir de l'orient à l'occident autour d'un axe passant

par le centre du globe lunaire; le plan perpendiculaire à cet axe s'appelle l'équateur lunaire. Le mouvement des étoiles s'effectue pour le Sélénite avec beaucoup de lenteur. Le temps qui s'écoule entre deux levers successifs est égal à environ 27 de nos jours et 8 heures; conséquemment la vitesse apparente des étoiles, même de celles qui sont proches de l'équateur lunaire, ne doit guère être supérieure à celle de l'étoile Polaire pour un observateur situé sur la Terre.

Le mouvement apparent du Soleil, comme celui des étoiles, est aussi très-peu rapide; l'intervalle compris entre deux levers et deux couchers successifs, pour un Sélénite qui n'a pas changé de place, est égal à environ 29 1/2 de nos jours.

Pour un lieu déterminé de la Lune, à un jour continu dont la durée s'élève à environ quinze de nos jours terrestres, succède une nuit continue de même longueur (liv. XXI, chap. XXX, p. 488). On conçoit, sans de plus amples explications, quelle chaleur on doit éprouver pendant quinze jours de la présence continue du Soleil et quel froid extrême on doit ressentir là où pendant quinze de nos jours consécutifs le Soleil a été au-dessous de l'horizon. Mais ce qui doit particulièrement étonner un Sélénite, ce sont les phénomènes que la Terre lui présente.

Un astronome placé sur la Lune voit la Terre, qui pour lui est un astre brillant ayant un diamètre environ quatre fois plus grand que celui de la Lune vu de notre globe, et une étendue superficielle seize fois plus considérable, présenter des phases comme la Lune en offre pour un habitant de notre globe.

Concevons, maintenant, une ligne menée du centre de la Terre au centre de la Lune, et supposons l'observateur situé au point de rencontre de cette ligne avec la surface lunaire; cet observateur aura ainsi la Terre à son zénith, il la verra correspondre successivement à des étoiles de plus en plus orientales, mais elle paraîtra à peu près fixe relativement à la ligne qui joint les centres des deux globes, c'est-à-dire relativement à la verticale du lieu que l'observateur occupe.

Ailleurs, le globe éclairé de la Terre sera élevé de 45° au-dessus de l'horizon et restera invariablement dans cette position. D'autres observateurs, convenablement placés sur la surface lunaire, verront la Terre vers la partie orientale de leur horizon près de se lever et ne se levant jamais; il y en aura, par exemple, qui n'apercevront au-dessus de l'horizon vers le couchant que la partie orientale du disque de notre globe, tandis que la partie occidentale sera couchée, et cette situation d'un astre à demi visible sera permanente pendant des espaces de temps très-considérables.

Les Sélénites ont eu certainement besoin d'une grande pénétration pour découvrir les causes réelles des étranges phénomènes que nous venons de signaler.

La Terre examinée avec une lunette par un Sélénite, lui paraîtra douée d'un mouvement de rotation sur son centre, d'une durée égale à 24 de nos heures; un tel mouvement amènera successivement en vue les continents et les mers qui composent notre globe. Ces continents et ces mers se distingueront les uns des autres par leur éclat; les parties les plus brillantes correspondront aux

continents, et les parties obscures aux espaces recouverts d'eau.

Notre globe fera donc pour un habitant de la Lune l'office d'une véritable horloge. Si un de ses points a passé à une certaine heure par le méridien d'un Sélénite, il le retrouvera dans ce même méridien après un intervalle de temps égal à 24 de nos heures. La tache terrestre qui a passé par le méridien un certain temps après la première, suivra celle-ci le lendemain, du même nombre de minutes et de secondes, et ainsi de suite.

Les régions polaires de notre Terre devront offrir à un Sélénite une lumière blanchâtre plus ou moins étendue suivant les saisons.

Si, sur la Terre, en passant du nord au midi de l'équateur, on aperçoit de nouvelles étoiles, celles qui forment la Croix du sud, par exemple, combien doit être plus curieux pour un Sélénite un voyage de l'hémisphère invisible de la Terre à celui où notre globe se montre toujours au-dessus de l'horizon et dans une immobilité presque absolue, du moins quand on le rapporte à des repères pris à la surface de notre satellite!

Sur le contour circulaire qui sépare l'hémisphère de la Lune visible de la Terre de l'hémisphère opposé, et à quelque distance de ce contour, notre globe doit se cacher quelquefois aux Sélénites et quelquefois se montrer. La Terre s'y lève et s'y couche mais non pas toutes les nuits.

Dans l'hémisphère de la Lune visible de la Terre, on doit observer des éclipses de Soleil parmi lesquelles des éclipses totales qui peuvent durer deux heures. Il doit y avoir aussi quelquefois de très-petites éclipses de Terre,

c'est-à-dire des disparitions de certaines parties de notre globe éclairées par le Soleil dans l'ombre que la Lune projette dans l'espace.

Je ne m'arrêterai pas à reproduire ici la série des considérations à l'aide desquelles des astronomes célèbres ont voulu prouver que l'hémisphère lunaire, que nous ne voyons pas, serait dans l'univers le lieu le plus propre à la création d'un observatoire, celui dans lequel l'ensemble des observations se ferait avec plus de régularité et d'exactitude. Remarquons seulement que ces admirateurs de l'hémisphère lunaire invisible de la Terre, oublient dans leur enthousiasme que de l'observatoire où ils voudraient confiner les astronomes, on ne verrait jamais la Terre, et que l'immobilité relative de notre globe serait cependant pour les Sélénites un objet d'étude important.

CHAPITRE VII

DE L'ASTROLOGIE

L'astronomie a dissipé mille préjugés. Elle a renversé, elle a réduit au néant l'astrologie judiciaire, et même l'astrologie naturelle. A-t-on oublié que Sénèque croyait aux absurdités, bases de ces prétendues sciences? Faut-il rappeler que Cicéron avait accordé son amitié à Firmanus et à Nigidius Figulus, les deux plus fameux astrologues de son temps? Faut-il ajouter enfin que les arrêts de mort de Tibère étaient souvent la conséquence des horoscopes tirés par l'astrologue qui ne quittait jamais ce monstre?

Je n'aurai besoin que de mettre quelques-uns des faits absurdes et honteux enregistrés dans les annales de l'astrologie en présence des résultats magnifiques auxquels est arrivée l'astronomie, pour montrer et les défaillances de l'esprit humain livré à la seule imagination et la puissance de l'intelligence de l'homme qui ne marche qu'appuyé sur l'observation rigoureuse.

Stoffler, habile mathématicien, qui eut l'honneur de compter Mélanchthon parmi ses auditeurs à Tubingue, prédit un déluge universel pour l'année 1524. On raconte à cette occasion que les personnes crédules se munissaient de bateaux. Un docteur de Toulouse, nommé Auriol, fit construire un grand navire imitant l'arche de Noé ; mais, comme le remarque Voltaire dans son article sur l'Astrologie de son *Dictionnaire philosophique*, le mois de février, dans lequel ce déluge devait avoir lieu, fut extraordinairement sec. Le motif sur lequel Stoffler s'était appuyé pour faire sa prédiction, c'était qu'à la date indiquée les planètes Mars, Jupiter et Saturne devaient se trouver en conjonction dans la constellation des Poissons.

Le comte de Boulainvilliers, qui, comme on sait, était fort amateur d'astrologie, et un Italien, nommé Colonne, avaient prédit à Voltaire, suivant ce qu'il raconte lui-même, qu'il mourrait à trente-deux ans. Chacun sait comment cette prédiction se réalisa.

Cardan ayant eu plusieurs insuccès dans ses prédictions astrologiques, finit par annoncer sa mort et se laissa, dit-on, mourir de faim en 1575, à la date calculée, afin que la prédiction se vérifiât.

Catherine de Médicis était vouée à l'astrologie ; elle

avait une grande confiance dans Nostradamus, qui lui avait dit, entre autres choses, de se méfier de Saint-Germain. Elle avait son observatoire dans l'hôtel de Soissons. Cette tour existe encore sur la circonférence extérieure de la Halle au Blé.

On donna à Louis XIII le surnom de Juste, parce qu'il était né sous le signe de la Balance. A l'instant de sa naissance (1601), il y avait un astrologue en observation dans la chambre voisine de celle où la reine accoucha.

Si l'astrologie, si l'art de prédire l'avenir d'après le cours des astres était en honneur, il y avait cependant, suivant une étrange inconséquence, un grand danger à passer pour exercer une influence quelconque sur les événements, pour être voué à la magie ou à la sorcellerie.

Sous le règne de Louis XIII, ou plutôt sous celui du cardinal de Richelieu, le fameux curé de Loudun, Urbain Grandier, fut brûlé vif sur la place publique de cette ville, le 18 août 1634, comme coupable de sorcellerie. Le jugement avait été rendu par une commission de quatorze magistrats pris dans différentes juridictions.

La maréchale d'Ancre avait été précédemment condamnée à mort le 8 juillet 1617, comme coupable de sorcellerie, et brûlée le même jour.

L'astrologie était encore très-vivace vers le milieu du XVIIe siècle. Morin, par exemple, à qui l'astronomie proprement dite doit quelque reconnaissance pour avoir démontré la possibilité d'observer les étoiles en plein jour, professait ouvertement l'astrologie. Morin était si fermement convaincu de la certitude de ce qui lui sem-

blait une science, qu'il se hasarda à faire des prédictions à court terme, c'est-à-dire des prédictions pour lesquelles il pouvait être démenti de son vivant. Par exemple, cet astrologue prédit la mort de Gassendi pour la fin de juillet 1650, « mais jamais, » dit le chanoine de Digne, « je ne me suis mieux porté qu'à la date fatale marquée par la prédiction de Morin. »

Vallenstein, le célèbre général de la guerre de Trente ans, était un grand amateur d'astrologie. Mécontent de Kepler, qui ne lui fournissait pas assez de prédictions au gré de ses caprices, il fit venir auprès de lui un astrologue italien, nommé Seni, qu'il entretenait magnifiquement. Jamais, dans les occasions importantes, il ne prenait un parti sans avoir consulté son astrologue. Il ne paraît pas que celui-ci lui eût prédit que l'empereur Ferdinand le ferait assassiner.

L'esprit de combinaison, la faculté innée d'opérer des rapprochements, ont conduit à de très-brillantes découvertes, toutes les fois que ces opérations de l'intelligence se sont effectuées sur des faits réels et précis. Au contraire, a-t-on combiné, a-t-on rapproché des faits imaginaires ou confus, les conséquences logiques auxquelles on est arrivé sont devenues d'un eabsurdité palpable.

Il y a eu dans l'antiquité deux espèces d'astronomie : l'astronomie contemplative, celle des Chaldéens; l'astronomie conjecturale, celle des Grecs. L'astronomie contemplative, malgré son immense durée, n'a produit que très-peu de fruits. Les annales de l'astronomie conjecturale n'offrent guère qu'un long catalogue de suppositions et d'évaluations ridicules. Çà et là seulement on y

voit poindre des aperçus ingénieux et vrais; mais ils se trouvent en si mauvaise compagnie, mais on les appuie sur des bases si fragiles, qu'ils perdent presque toute valeur, même auprès des esprits les plus pénétrants. Il n'y a eu, il ne pouvait y avoir d'astronomie féconde que celle qui s'est constamment appuyée sur l'observation exacte et judicieuse des faits matériellement tangibles par les instruments dont l'homme a pu armer sa vue.

CHAPITRE VIII

DES OBSERVATOIRES — DES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES ET DES CIRCONSTANCES QUI LES FAVORISENT

On ne peut guère espérer faire désormais des découvertes astronomiques d'une grande importance que dans des établissements spéciaux construits avec une solidité à toute épreuve et à l'aide d'instruments délicats. Comme le dit Bailly, il faut, pour l'observation des astres, un lieu qui réunisse et la sérénité du ciel et le silence de la retraite.

Guillaume IV, landgrave de Hesse, fit bâtir, en 1561, un observatoire sur le château de Cassel et y plaça les instruments qui lui servirent pour la formation du catalogue de neuf cents étoiles dont la science lui est redevable.

C'est dans l'île d'Hwen que se trouvait l'observatoire d'Uranibourg où Tycho-Brahé fit, de 1580 à 1597, les innombrables et belles observations qui ont servi de fondement à l'astronomie moderne.

Les sollicitations de Longomontanus déterminèrent

plus tard le Danemark à fonder l'observatoire de Copenhague qui, commencé en 1632, fut achevé en 1656.

Hévélius fit bâtir à Danzig, sur sa propre maison, en 1641, un observatoire qui a été le théâtre de tous ses travaux.

L'Observatoire de Paris a été construit sous le règne de Louis XIV, d'après les dessins du célèbre architecte de la colonnade du Louvre, Claude Perrault. Les 20 et 21 juin 1667, les premiers membres de l'Académie des sciences de France déterminèrent, par des observations astronomiques, l'orientation des murs principaux, mais on ne commença à y travailler sérieusement qu'en 1668. L'édifice fut achevé en septembre 1671; il avait coûté deux millions de francs.

D'après un premier projet, le local de l'Observatoire aurait renfermé non-seulement tous les moyens de suivre le cours des astres, mais encore les modèles des diverses machines qui paraîtraient susceptibles d'applications utiles, et même des laboratoires de chimie. L'Académie des sciences devait y tenir ses séances. Ce projet ayant été modifié pendant la durée des travaux, le bâtiment fut exclusivement destiné à l'astronomie. Malheureusement l'architecte, quoique peu au fait des besoins des observateurs, les consulta rarement ou refusa de suivre leurs avis. Dans son opinion, un observatoire devait indispensablement être très-élevé. Il construisit donc un immense édifice d'où l'on ne pouvait apercevoir toutes les régions du ciel qu'en se plaçant en plein air sur la plate-forme supérieure. Partout ailleurs la masse du bâtiment devenait le plus fâcheux obstacle.

Perrault crut que les astronomes modernes ne pourraient pas se passer d'un gnomon ; il disposa dès lors dans le centre de son édifice une immense salle très-élevée, dirigée du sud au nord. S'il a commencé par cet instrument primitif, l'Observatoire de Paris a reçu du moins successivement les appareils les plus parfaits que les astronomes et les physiciens ont successivement inventés et que les meilleurs constructeurs ont exécutés.

L'observatoire de Greenwich a été construit sous Charles II; il fut achevé au mois d'août 1676, époque à laquelle Flamsteed y est entré pour y faire les nombreuses observations qui forment la base du catalogue britannique.

Bientôt d'autres observatoires s'élevèrent à Leyde en 1690, à Nuremberg en 1692, à Bologne en 1709, à Berlin en 1710, à Altorf en 1713, à Lisbonne en 1722, à Pétersbourg en 1725, et à Utrecht en 1727.

Tous les gouvernements de l'Europe, au XIXe siècle, semblent s'être concertés pour améliorer les anciens observatoires ou pour en créer de nouveaux. Dans la Grande-Bretagne, outre l'observatoire de Greenwich, illustré par Flamsteed, Halley, Bradley, Maskelyne, Pound, Airy, ont été construits les observatoires d'Edinburgh, de Glasgow, de Cambridge, de Durham, d'Oxford, de Dublin, d'Armagh, de Parsonstown, de Markree, de Liverpool, d'Aberdeen, d'Ashurt, de Bedford, de Birr castle, de Blenheim, de Bushey-Heath, de Kensington, de Makerstoun, d'Ormskirk, de Portsmouth, de Regent's Park, de Richmond, de South Kilworth, de Starfield, enfin celui de Slough, célèbre par les travaux de William Herschel.

Le Danemark, outre celui de Copenhague, possède à Altona un observatoire modèle. La Suède a formé de beaux établissements astronomiques à Stockholm, à Upsal et à Christiania.

La Russie, non contente d'avoir fondé de très-utiles observatoires à Dorpat, à Abo, à Helsingfors, à Kiev, à Mitau, à Kasan, à Moscou, à Vilna, à Varsovie, à Nicolaïew sur la mer Noire, a voulu que Pétersbourg eût un véritable monument astronomique, et elle a érigé l'observatoire placé sur la colline de Poulkova.

La Prusse, outre un nouvel observatoire à Berlin, possède des établissements astronomiques à Bonn, à Bilk, près de Düsseldorf, à Breslau et à Kœnigsberg.

La Bavière peut se glorifier de l'établissement fondé à Munich; le Hanovre de celui de Gœttingue; le grand-duché de Bade, de celui de Manheim; les villes de Hambourg et de Brême, de ceux qu'elles ont construits; la Suisse, de ceux de Genève, de Berne et de Zurich; l'Autriche, après celui de Vienne, des observatoires de Kremsmünster, de Prague, de Senftenberg, de Bude; la Belgique, de celui de Bruxelles; l'Espagne, de celui de Cadix.

En France, outre l'Observatoire de Paris, on a les établissements de Marseille et de Toulouse.

En Italie, on nomme les observatoires d'Avulli, de Bologne, de Vérone, de Palerme, de Capo di Monte, de Florence, de Milan, de Padoue, de Turin, de Parme, de Rome.

Le nouveau monde a pris à son tour un grand intérêt aux recherches astronomiques. Les États-Unis d'Améri-

que possèdent de magnifiques observatoires placés à Cincinnati, à Washington, à Toronto et à Cambridge. Aux Antilles, il y a un observatoire dans l'île Sainte-Croix. Dans l'Amérique du sud, il existe un observatoire à Santiago du Chili.

Dans les colonies anglaises, on cite les beaux observatoires de Malte, du cap de Bonne-Espérance, de Sainte-Hélène, de Sidney dans la Nouvelle-Hollande, de Madras et de Bénarès. Enfin, il faut nommer aussi l'observatoire remarquable construit aux frais du rajah de Trévandrum, près du cap Comorin, et en Chine, l'observatoire impérial de Pékin.

Tout compte fait, il existe au moins 90 observatoires au milieu du XIX[e] siècle.

Le public manifeste incessamment le désir de visiter les observatoires; la nature des travaux qu'on exécute dans ces établissements s'oppose à ce qu'on puisse satisfaire sa curiosité. C'est dans la plus grande tranquillité, loin de toute distraction, qu'il est possible de donner aux observations toute la précision que les progrès de la science exigent désormais.

Les astronomes praticiens les plus habiles ont souvent lieu d'être étonnés que par un ciel dont la pureté semblerait devoir être très-favorable à l'étude de la constitution physique des astres, les grands instruments fonctionnent imparfaitement. Les circonstances qui rendent les images télescopiques diffuses, mal terminées, ondulantes, ne sont encore ni complétement connues, ni surtout exactement définies.

Je réunirai ici diverses remarques que les amateurs

d'astronomie liront peut-être avec plaisir ; elles se trouvent pour la plupart disséminées dans les nombreux mémoires de William Herschel.

Aucune observation délicate, c'est-à-dire aucune observation exigeant une force amplificative un peu grande, ne réussira, si l'on tente de la faire en regardant par la fenêtre d'un appartement, ou à travers la trappe du toit d'un observatoire.

Il est bon d'éviter les lieux abrités, même quand le télescope est placé en plein air.

S'il fait du vent, les images télescopiques ne sont pas, en général, très-distinctes. Le vent doit produire ce mauvais effet en mêlant entre elles des couches atmosphériques de différentes températures [1].

Les aurores boréales nuisent quelquefois aux observations astronomiques, elles semblent rendre tous les objets ondulants. Le plus ordinairement elles sont sans effet.

S'il était vrai, comme Herschel l'admet avec plusieurs météorologistes, que les aurores boréales fussent l'indice (cause ou effet) de grands changements de température dans les différentes régions de l'atmosphère, leur influence pourrait être assimilée à celle du vent.

1. Lorsqu'il rédigeait cet aphorisme d'astronomie pratique sous l'influence d'un fait particulier, Herschel s'abandonnait peut-être un peu hâtivement à l'esprit de généralisation. Voici, en effet, ce que je trouve dans les *Transactions* de 1815, p. 322 : « Le vent ne nuit pas à la netteté des images télescopiques. Par des vents violents on peut se servir de pouvoirs amplificatifs très-considérables, pourvu que le pied de l'instrument ne soit pas ébranlé. » J'ignore si le grand observateur a jamais remarqué à quel point il s'est contredit touchant l'influence du vent sur les observations astronomiques.

Un astre ne paraît jamais bien terminé quand les rayons qui nous le font voir ont passé à une petite hauteur au-dessus du toit d'un édifice. Au-dessus d'un toit il y a toujours, en effet, un mouvement atmosphérique provenant du mélange de couches inégalement échauffées.

Quand l'atmosphère est sèche, les télescopes fonctionnent mal.

Quand, au contraire, l'atmosphère est très-chargée d'humidité, les images des astres ont une netteté remarquable.

Cette netteté existe aussi par un ciel brumeux, et, particulièrement, par un temps de brouillard. Le brouillard laisse aux images télescopiques toute la pureté de leurs contours, jusqu'au moment où, par voie d'obscurcissement, il les fait totalement disparaître.

Quelquefois il arrive que par un temps en apparence très-favorable, les astres ont des contours mal définis. Ceci, dit Herschel, peut tenir à la présence d'une atmosphère sèche qu'un vent d'est a apportée dans les hautes régions, ou dépendre du mélange de couches de différentes températures, résultat du conflit de vents supérieurs diversement orientés.

Quand une gelée subite vient de succéder à un temps doux; quand un dégel vient tout à coup remplacer une longue gelée, les télescopes terminent mal les astres.

On ne doit pas non plus s'attendre à de bons résultats, au moment où un télescope vient d'être transporté d'une pièce chaude en plein air.

Pour généraliser, il faut dire que si le miroir de l'instrument n'est pas à la température de l'air qui l'entoure,

la vision sera imparfaite; alors on ne pourra pas employer utilement de forts grossissements.

Le fait se rattache d'ailleurs à une cause physique évidente. Tout le monde comprendra, en effet, qu'un miroir de télescope, pendant qu'il se réchauffe dans sa monture, ou pendant qu'il se refroidit, n'a pas la même température sur tous ses points; que la suite nécessaire de cette inégale distribution de la chaleur doit être une déformation de la surface polie et réfléchissante du miroir et une imperfection dans l'image focale.

On rend compte de la même manière, de l'allongement de foyer qu'Herschel remarquait dans ses télescopes à miroirs métalliques[1], quand il les appliquait à l'observation du Soleil. Cette explication, le célèbre astronome l'a confirmée, en plaçant près du miroir, en avant ou en arrière, un petit boulet de fer chaud. Les rayons calorifiques partant du boulet, échauffaient inégalement le miroir de métal et le déformaient en allongeant son foyer.

Quand on veut comparer théoriquement, sous le rapport de la clarté, un télescope à une lunette; en d'autres termes, quand on veut savoir si un instrument, où l'image destinée à l'amplification se forme par voie de réflexion sur un miroir courbe, donne plus ou moins de lumière qu'un autre instrument dans lequel cette même image s'engendre par réfraction à travers une lentille de verre, il faut soigneusement tenir compte des pertes qui s'opèrent dans la transmission à travers les verres et dans

1. Le Soleil occasionne un effet inverse; il produit un raccourcissement de la distance focale, quand le miroir du télescope est en verre. On ne sait pas encore la cause de cette anomalie.

l'acte de la réflexion sur les miroirs. Celui qui ne se préoccuperait que des ouvertures réelles des deux instruments arriverait à des résultats très-erronés. Herschel a fait, d'après les méthodes photométriques de Bouguer, des expériences qui fournissent les éléments nécessaires pour réduire, à l'aide du calcul, le télescope à la lunette. Ces éléments, les voici :

Si 100,000 rayons tombent à peu près perpendiculairement sur un miroir plan, parfaitement poli et de l'espèce d'alliage qu'Herschel employait dans ses télescopes, il ne s'en réfléchira que 67,300.

Après une autre réflexion également rectangulaire sur un second miroir, si l'absorption s'opérait dans la même proportion, il ne resterait plus que 45,200 rayons, sur les 100,000 dont se composait le faisceau incident.

Les transmissions à travers des verres sont une cause de perte de lumière beaucoup moins forte. Herschel a trouvé, en opérant sur une lame de verre ordinaire à faces parallèles, parfaitement polie et d'une épaisseur à peu près égale à celle des oculaires d'un fort grossissement, que de 100,000 rayons qui tombent perpendiculairement sur un pareil verre, il en passe 94,800.

Je ferai suivre ces déterminations d'Herschel, d'une citation historique dont les physiciens seront étonnés. Je trouve dans le tome x, p. 505 des *Mémoires de l'Académie des sciences*, quelques remarques de Huygens sur le télescope à réflexion de Newton. Une d'elles est ainsi conçue : « Je compte pour un troisième avantage, que par la réflexion du miroir de métal il ne se perd point de rayons, comme aux verres qui en réfléchissent une

quantité notable par chacune de leurs surfaces, et en interceptent encore une partie par l'obscurité de leur matière. » Huygens n'avait donc, en 1672, aucune idée de l'absorption qu'éprouve la lumière dans l'acte de la réflexion sur des miroirs métalliques!

CHAPITRE IX

TABLE CHRONOLOGIQUE DES PRINCIPALES DÉCOUVERTES ASTRONOMIQUES

J'ai pensé devoir terminer cet ouvrage par une table chronologique qui résumerait les découvertes faites en astronomie.

L'emploi des instruments perfectionnés exercera toujours la plus grande influence sur le progrès des sciences; aussi je donnerai d'abord une table des dates de l'invention ou de l'application des instruments employés en astronomie.

On se servait de besicles vers....................	1300
Le thermomètre a été employé vers..............	1600
Les lunettes d'approche ont été inventées par Lippershey, à Middelbourg, en....................	1606
Kepler a eu la première idée de la lunette astronomique à deux verres convexes, en..............	1611
La description du vernier a été publiée en........	1631
Morin a appliqué la lunette aux arcs divisés, en...	1634
Mersenne a décrit un télescope à réflexion en.....	1639
Invention du baromètre (Torricelli)..............	1643
Application du pendule aux horloges (Huygens)...	1656
Micromètre à plaque (Huygens)..................	1659
Description du télescope de Gregory.............	1663
Micromètre à fil (Auzout)	1666
Exécution du télescope de Newton...............	1672
Lunette méridienne (Rœmer)....................	1700

Pendule à compensation (Graham)................	1715
Sextant à réflexion (Halley).....................	1731
Héliomètre (Bouguer)...........................	1747
Échappement libre (Le Roy).....................	1748
Première idée de la répétition des angles (Mayer).	1752
Découverte des lunettes achromatiques (Dollond)..	1758
Ressorts spiraux isochrones (Pierre Le Roy).......	1766
Cercle de réflexion (Mayer)......................	1767
Micromètre de cristal de roche (Rochon).........	1777
Cercle répétiteur astronomique (Borda)...........	1786
Lunette polariscope [1]...........................	1811

Voici maintenant la table des principales découvertes astronomiques :

	Av. J.-C.
Découverte de la précession des équinoxes (Hipparque)................................	120
	Ap. J.-C
Découverte du déplacement du périgée solaire (Albategnius)................................	900
Fernel mesure un arc du méridien...............	1528
Système du monde (Copernic)....................	1543
Taches du Soleil; rotation de cet astre (Galilée)...	1610
Satellites de Jupiter (Galilée)....................	1610
Phases de Vénus (Galilée).......................	1611
Lois de Kepler..................................	1619
Descartes publie la loi de la réfraction............	1629
Morin observe le premier les étoiles et les planètes en plein jour..............................	1635
Huygens découvre le quatrième satellite de Saturne.	1655
Huygens explique les phénomènes de l'anneau....	1659
Rotation de Jupiter (Cassini)....................	1665
Rotation de Vénus (Cassini).....................	1666
Rotation de Mars (Cassini)......................	1666
Le cinquième satellite de Saturne (Cassini).......	1671
Richer montre, par l'expérience, que la pesanteur des corps diminue quand on s'approche de l'équateur..	1672
Cassini aperçoit le troisième satellite de Saturne...	1672
Vitesse de la lumière (Rœmer)..................	1675

1. M. Arago.

Loi de l'attraction universelle (Newton)	1682
Cassini découvre les deux premiers satellites de Saturne	1684
Aplatissement de Jupiter (Cassini)	1691
Aberration de la lumière (Bradley)	1728
Les académiciens français démontrent l'aplatissement du globe par la mesure de plusieurs degrés.	1744
Nutation de l'axe de la Terre (Bradley)	1747
Herschel reconnaît le mouvement d'Uranus	1781
Aplatissement de Mars (Herschel)	1784
Découverte de deux satellites d'Uranus (Herschel).	1787
Rotation et aplatissement de Saturne (Herschel)	1789
Herschel découvre le sixième et le septième satellite de Saturne	1789
Découverte des troisième et quatrième satellites d'Uranus (Herschel)	1790
Découverte des cinquième et sixième satellites d'Uranus (Herschel)	1794
Rotation de Mercure (Schrœter)	1800
Découverte de Cérès (Piazzi)	1801
Découverte de Pallas (Olbers)	1802
Découverte de Junon (Harding)	1803
Découverte de Vesta (Olbers)	1807
Découverte de l'enveloppe gazeuse solaire par la polarisation [1]	1811
Nombreuses petites planètes comprises entre Mars et Jupiter, découvertes entre 1845 et	1853
Découverte de la planète Neptune (Le Verrier, Galle).	1846
Découverte d'un satellite de Neptune (Lassell)	1847
Découverte du huitième satellite de Saturne (Bond et Lassell)	1848
Découverte des septième et huitième satellites d'Uranus (Lassell)	1851

Toutes les personnes de bonne foi qui jetteront un coup d'œil sur cette table reconnaîtront, je n'en doute pas, que dans l'histoire du progrès des connaissances humaines, progrès qui sera sans doute indéfini, les travaux des

1. M. Arago.

astronomes de la première moitié du XIXe siècle sont comparables aux plus fécondes recherches des savants qui cultivent les autres sciences. Même pour ceux qui ne jugent des découvertes que par leur utilité directe, l'astronomie sera toujours la science la plus digne des nobles efforts et de l'application soutenue de l'intelligence de l'homme.

FIN DU TOME QUATRIÈME ET DERNIER DE L'ASTRONOMIE POPULAIRE

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUATRIÈME

LIVRE XXIII

ATTRACTION UNIVERSELLE

Pages.

LIVRE XXIV

MARS

LIVRE XXV

PETITES PLANÈTES COMPRISES ENTRE MARS ET JUPITER

LIVRE XXVI

MÉTÉORES COSMIQUES

LIVRE XXVII

JUPITER

Pages.

LIVRE XXVIII

VITESSE DE LA LUMIÈRE ET ABERRATION

LIVRE XXIX

SATURNE

LIVRE XXX

URANUS

LIVRE XXXI

NEPTUNE

LIVRE XXXII

SAISONS ET CLIMATS

LIVRE XXXIII

LE CALENDRIER

LIVRE XXXIV

MÉLANGES URANOGRAPHIQUES

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME QUATRIÈME ET DERNIER DE L'ASTRONOMIE POPULAIRE



TABLE DES FIGURES

DU TOME QUATRIÈME

FIN DE LA TABLE DES FIGURES DU TOME QUATRIÈME

TABLE ANALYTIQUE

DE

L'ASTRONOMIE POPULAIRE

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P



Q

R

S

T

U

W

X

Z

FIN DE LA TABLE ANALYTIQUE DE L'ASTRONOMIE POPULAIRE

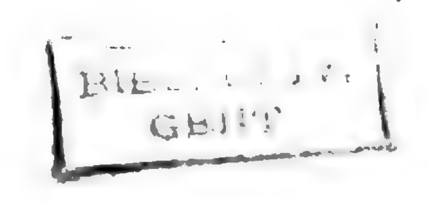
AVIS AU RELIEUR

CLASSEMENT DES GRAVURES

TIRÉES A PART

TOME PREMIER

TOME II



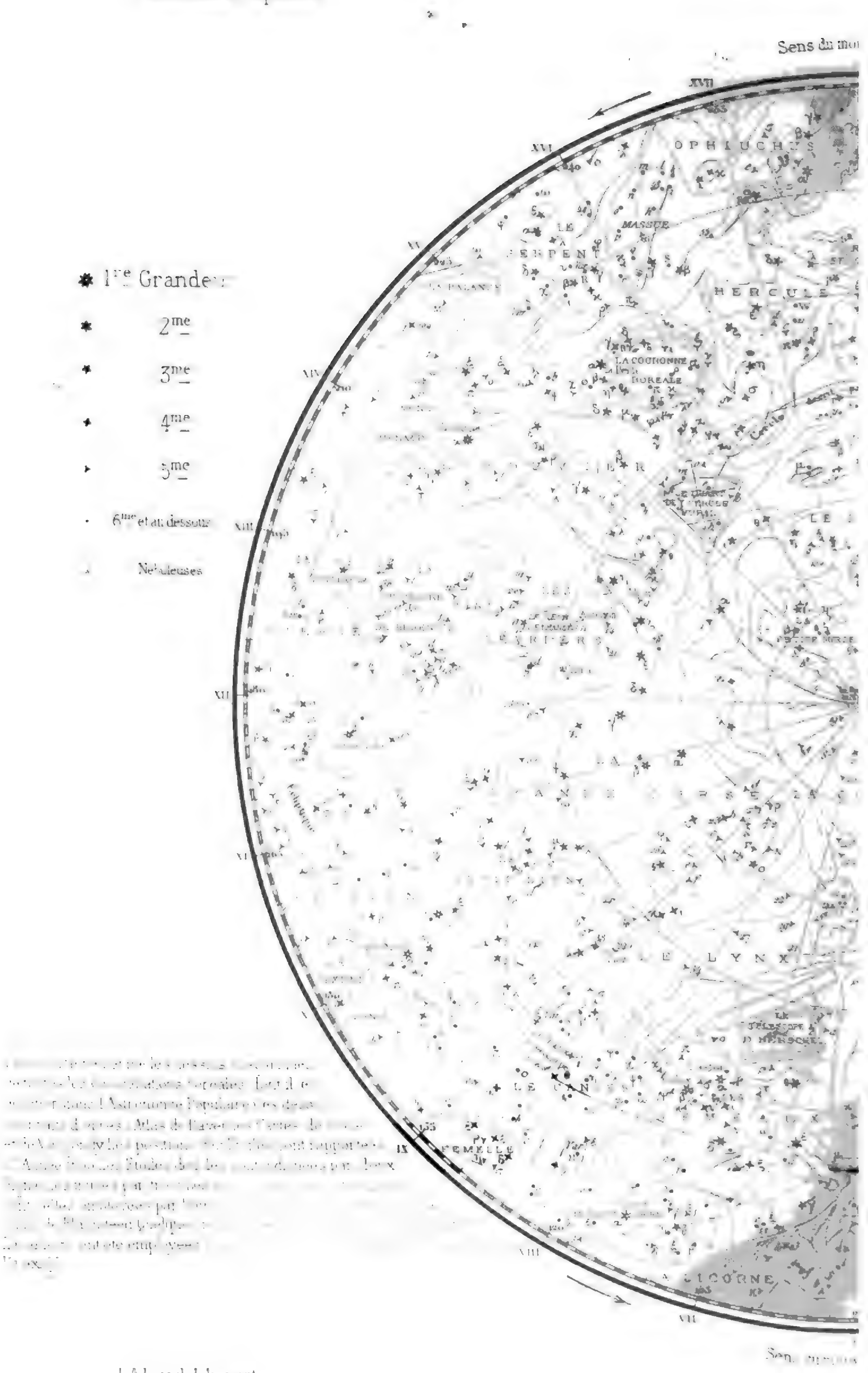
AVIS AU RELIEUR.

TOME III

TOME IV

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT 7





Astronomie Populaire
2me
3me
4me
5me
6me et au dessous
Nebuleuses
XVII
XVI
XIV
XIII
XII
IX
VIII
VII
OPHIUCHUS
LE SERPENT
MASSUE
HERCULE
LA COURONNE BOREALE
LE LYNX
LE TELESCOPE D HERSCHEL

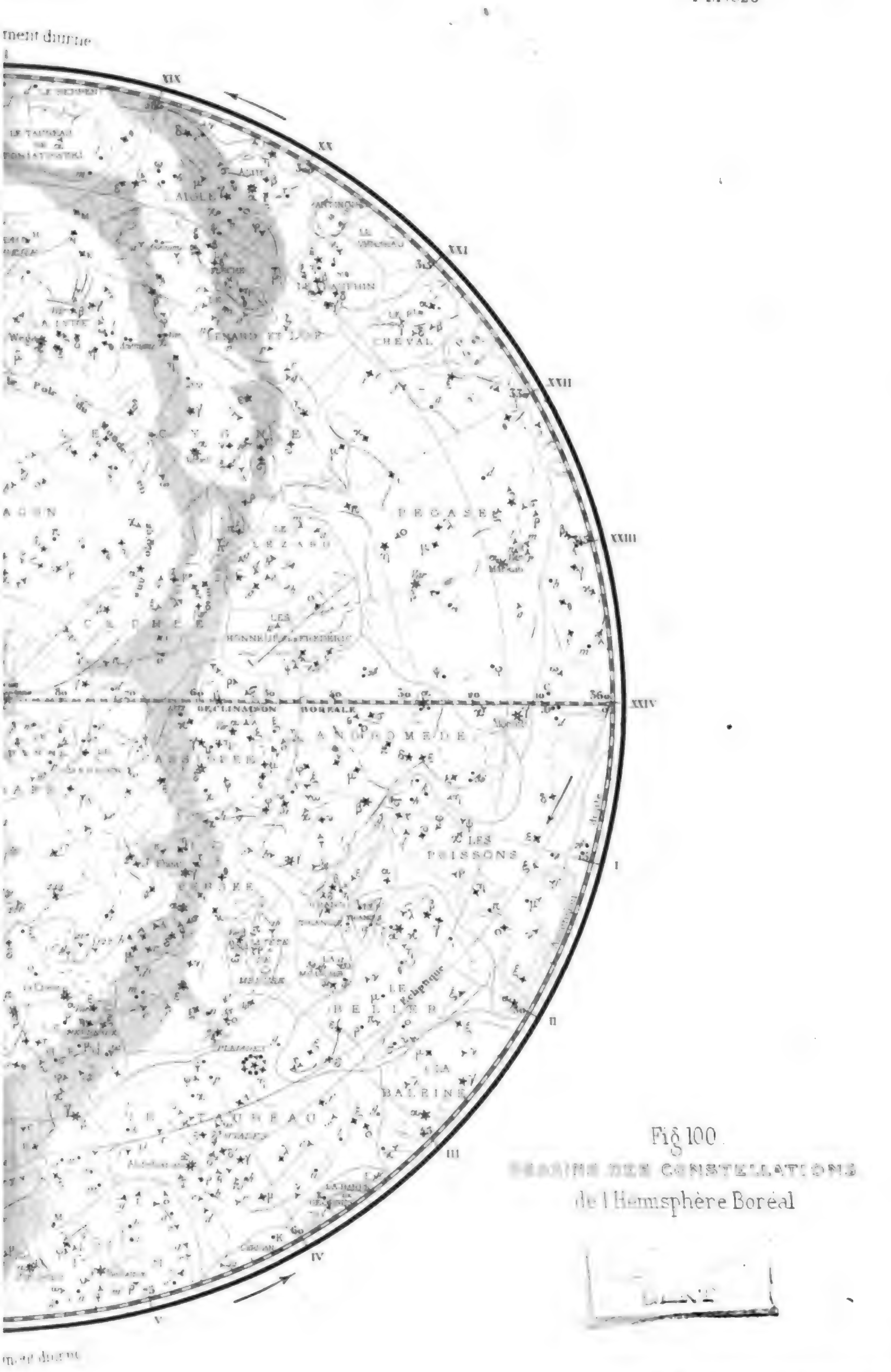
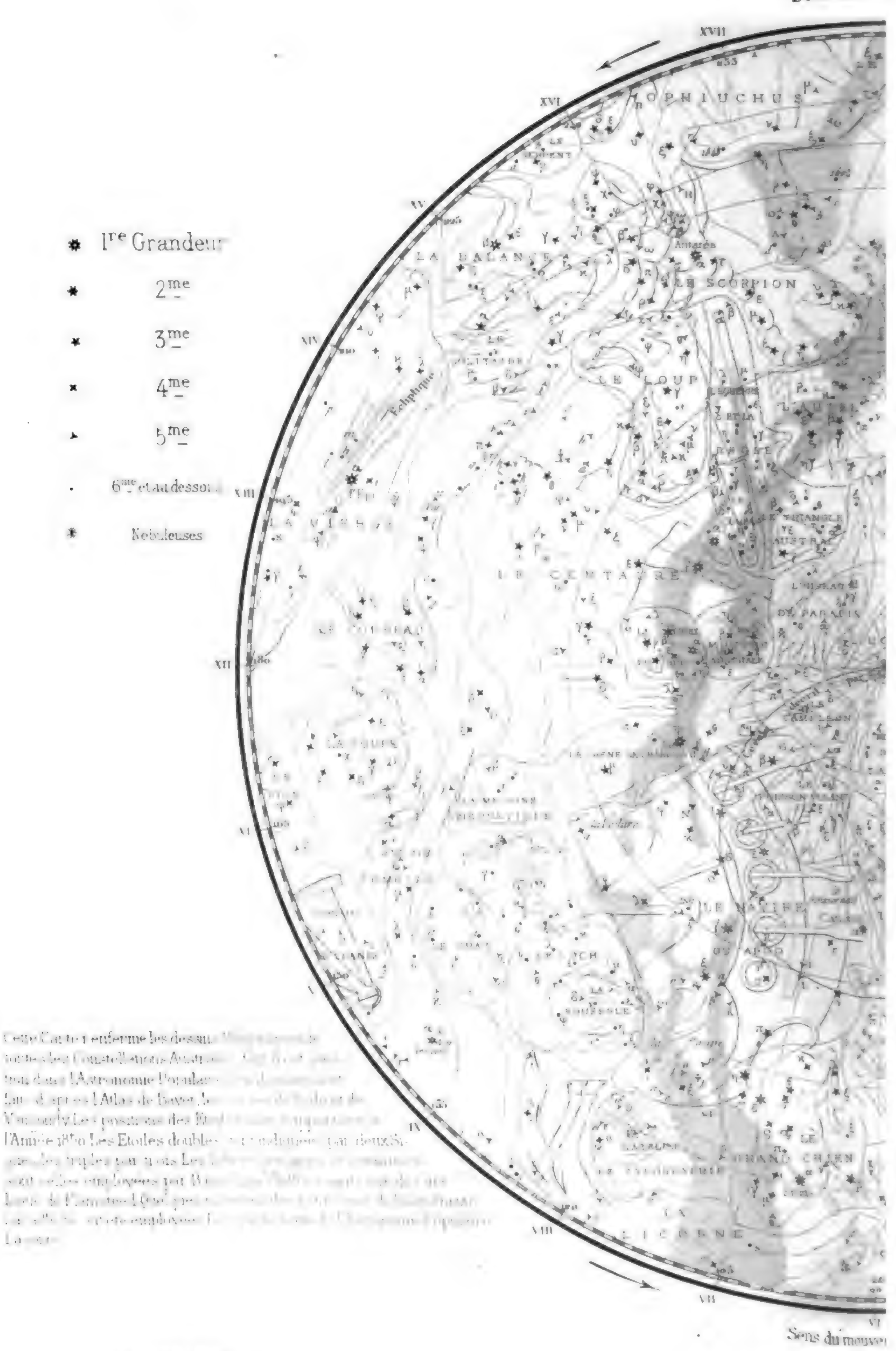


Fig. 100.
CARTE DES CONSTELLATIONS
de l'Hémisphère Boréal

Astronomie Populaire



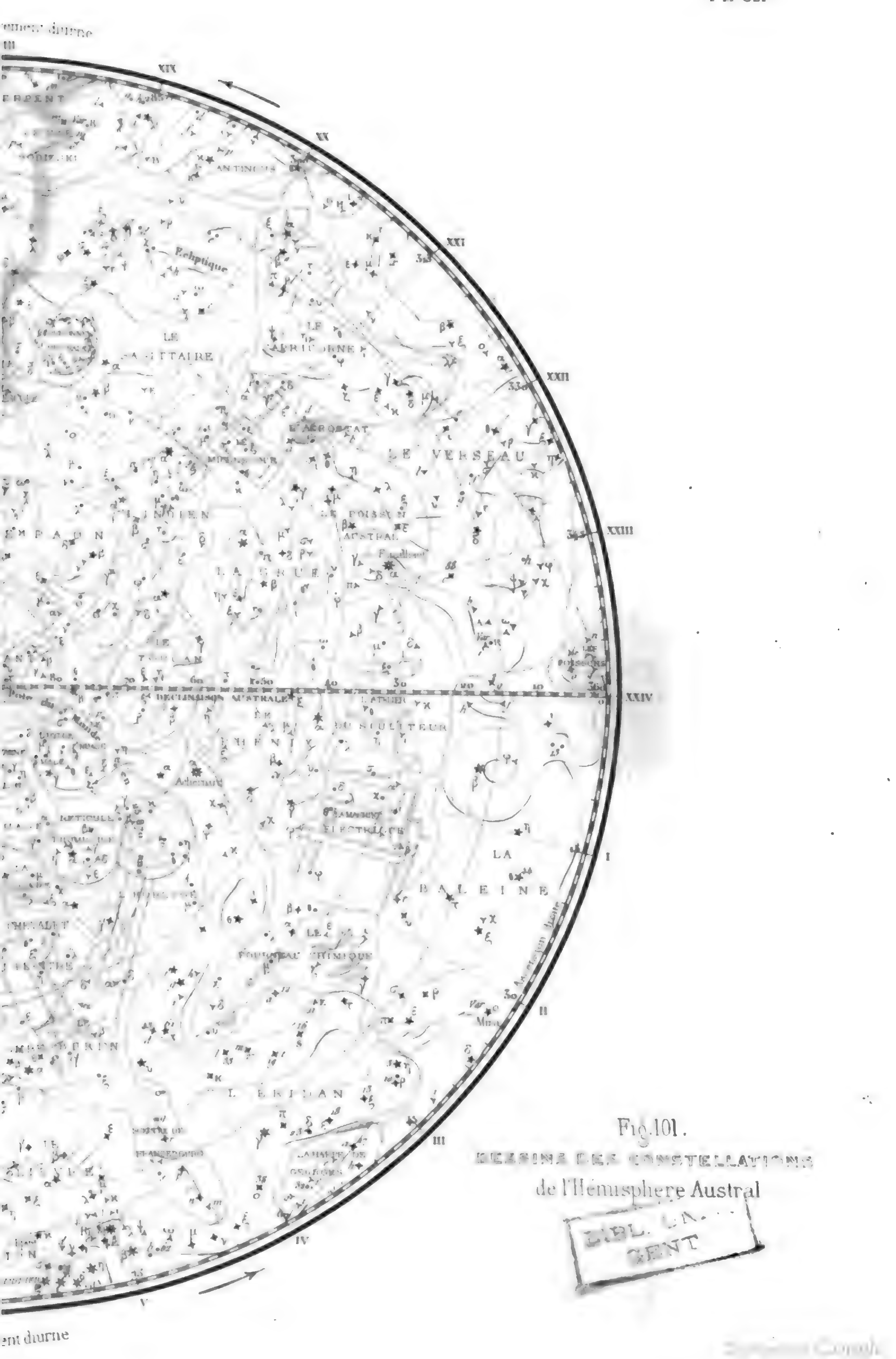


Fig. 101.
DESSINS DES CONSTELLATIONS
de l'Hémisphere Austral

Guénot fils Sc.


BIBL.
GENT

Sens du mou

Antarès

OPHIUCHUS

Equateur

LE SERPENT

HERCULE

Écliptique

LE BOUVIER

LA GRANDE OURSE

Écliptique

LE LYNX

LE CANCER

Procyon

LES GÉMEAUX

LE P^t CHIEN

Equateur

Sens du m

1re Grandeur

2me

3me

4me

5me

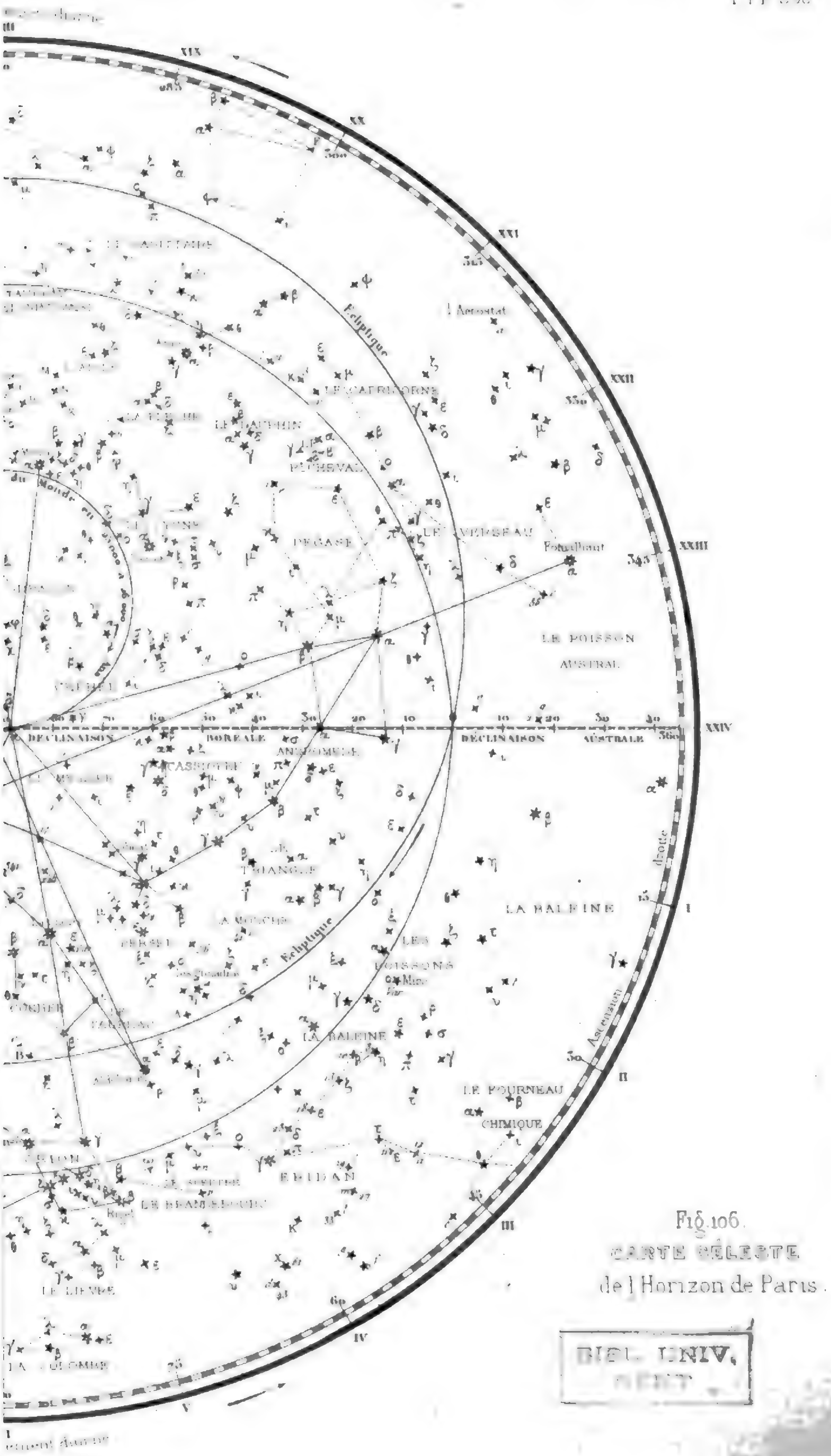


Fig. 106.
CARTE CÉLESTE
de l'Horizon de Paris.


Astronomie Populaire
PÔLE
OCÉAN GLACIAL
Spitzberg
Nouvelle Zemble
Laponie
Islande
Irlande
Mer du Nord
EUROPE
Golfe de Gascogne
MÉDITERRANÉE
Dét. de Gibraltar
AFRIQUE
SAHARA ou Grand Désert
Tripoli
Fezzan
Désert de Libye
Timbouctou
Bornou
Golfe de Guinée
Golfe d'Oman
Somal
Madagascar
MER DES
S. Paul de Loanda
S. Felipe de Benguela
I. Ste Hélène
Hottentots
Colonie du Cap
Port Natal
Ies Seychelles
OCÉAN ATLANTIQUE
Ie du Prince Édouard
GRAND
Tre d'Enderby
OCÉAN GLACIAL
PÔLE

NORD

ARCTIQUE

Iles Liakhov

ASIE

Mer d'Okhotsk

Kamtschatka

MANDCHOURIE

Mer du Japon

Mer Jaune

Cha-mo ou Désert

Gobi

Ceylan

Golfe du Bengale

Hai-nan

Luçon

ILES PHILIPPINES

OCÉAN PACIFIQUE

Iles Mariannes

POLYNÉSIE

Iles Carolines

MALAISIE

Mer de Java

Célèbes

Timor

Nouvelle Guinée

Mer du Corail

MER DES INDES

OCÉANIE

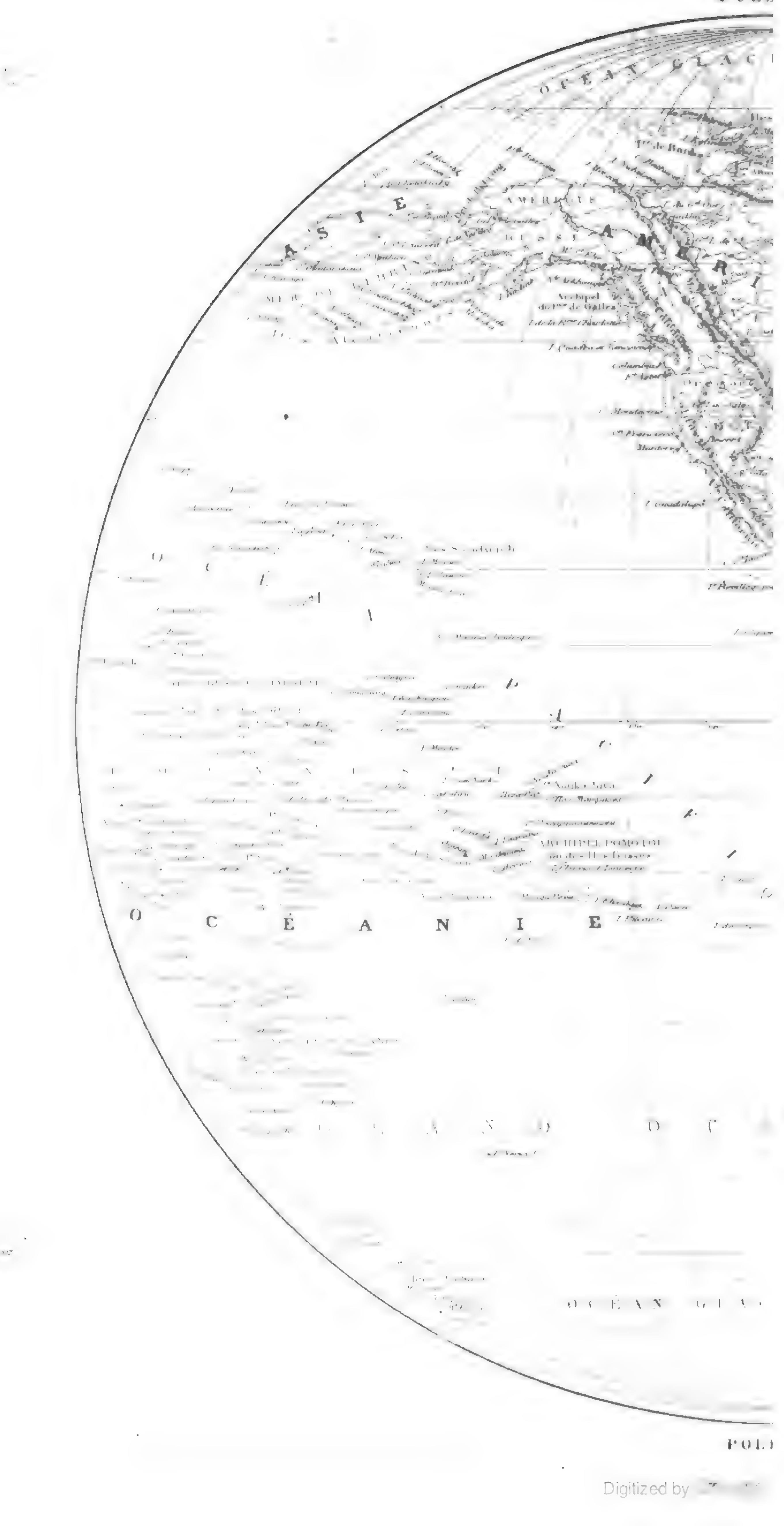
AUSTRALIE ou Nouvelle Hollande

Terre de Van Diemen

OCÉAN ANTARCTIQUE

Tre Adélie

SUD



ASIE
AMÉRIQUE
Archipel de Iles de Gallea
Iles de Bardas
OCÉANIE
ARCHIPEL POMOTOU
OCÉAN


NORD
AL ARCTIQUE
Islande
QUE DU NORD
OCÉAN ATLANTIQUE
I.s Açores
I.s du Cap Vert
AMÉRIQUE DU SUD
I.s Falkland
I.s Shetland
AL ANTARCTIQUE
SUD



FIG 301 _ Eclipse de Soleil du 24 Juin 1778



Fig 302 _ Eclipse de Soleil du 16 Juin 1806



FIG. 303. Eclipse de Soleil du 8 Juillet 1842

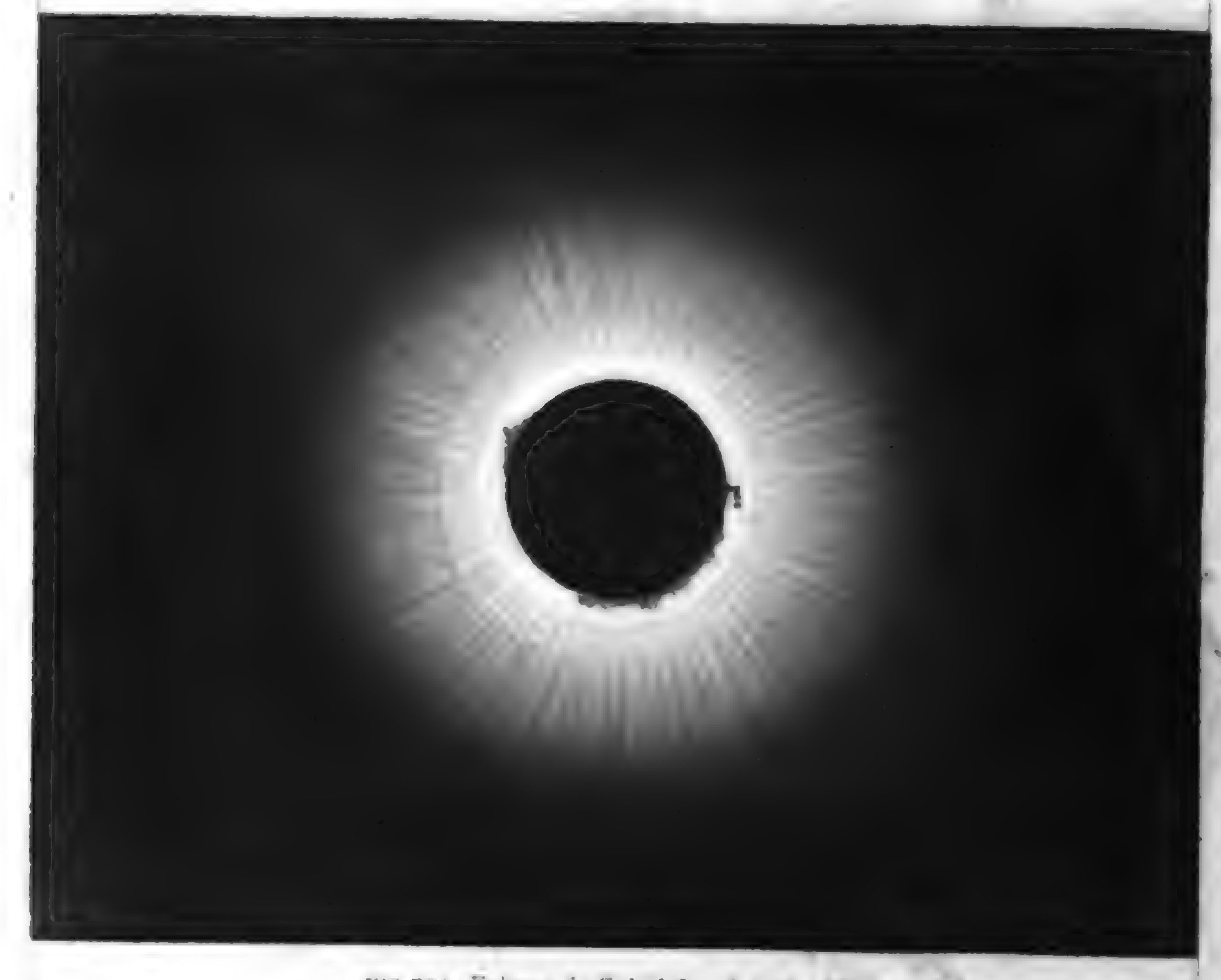
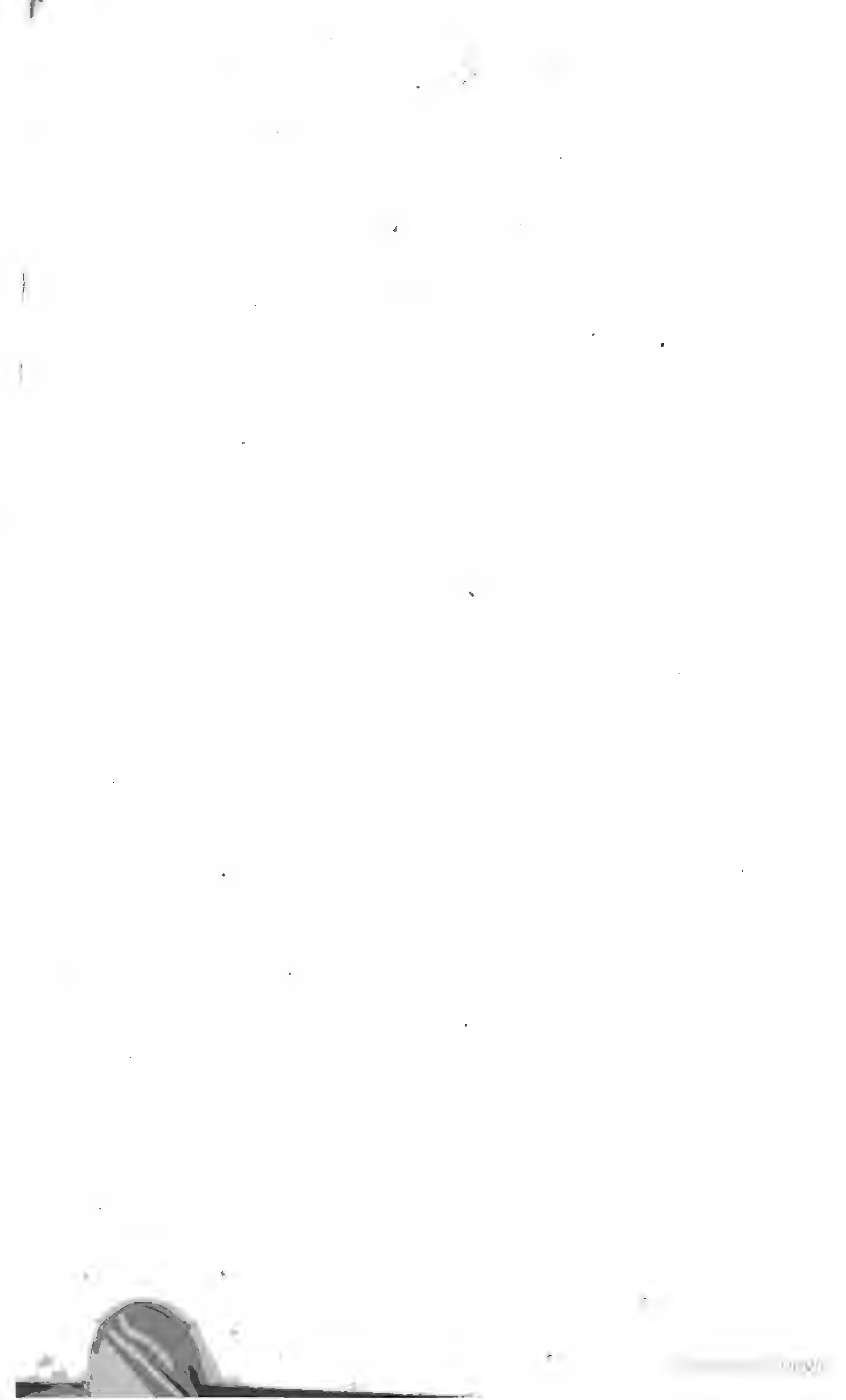
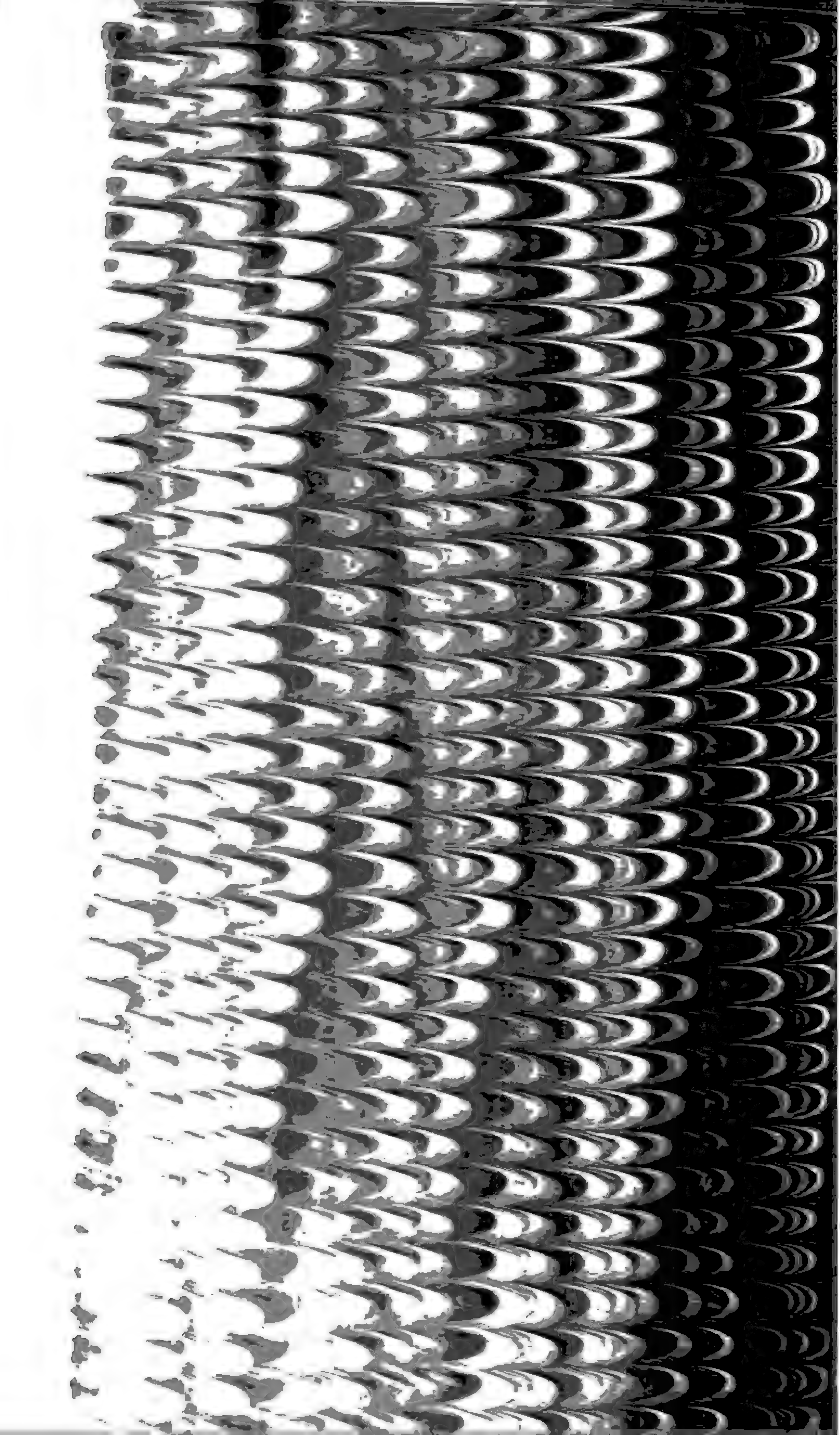
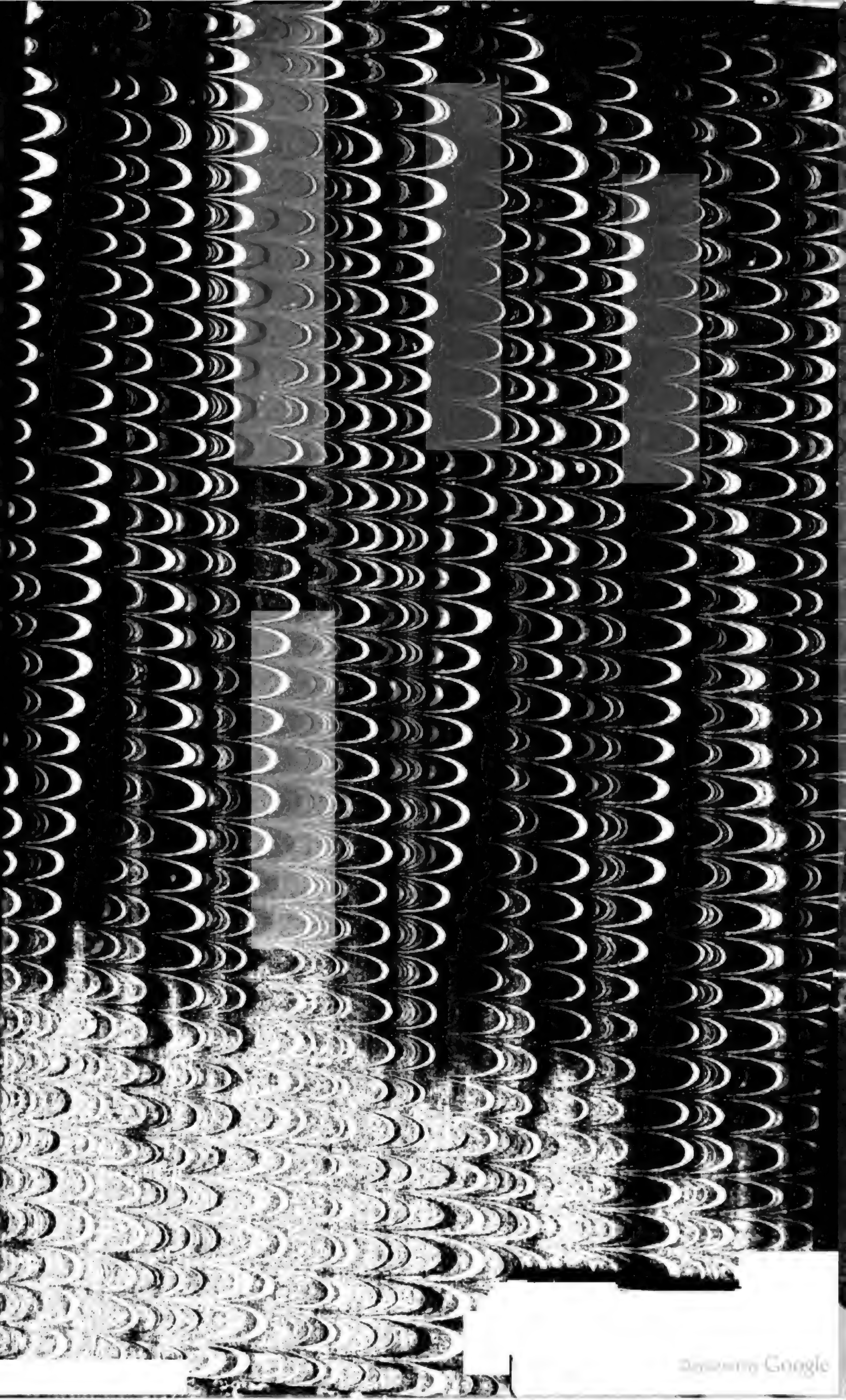


FIG. 304. Eclipse de Soleil du 28 Juillet 1851

Guignet del et Sc.









[illegible] Éclipse de Soleil du 24 Juin 1778



[illegible]

[illegible] Imp. [illegible]

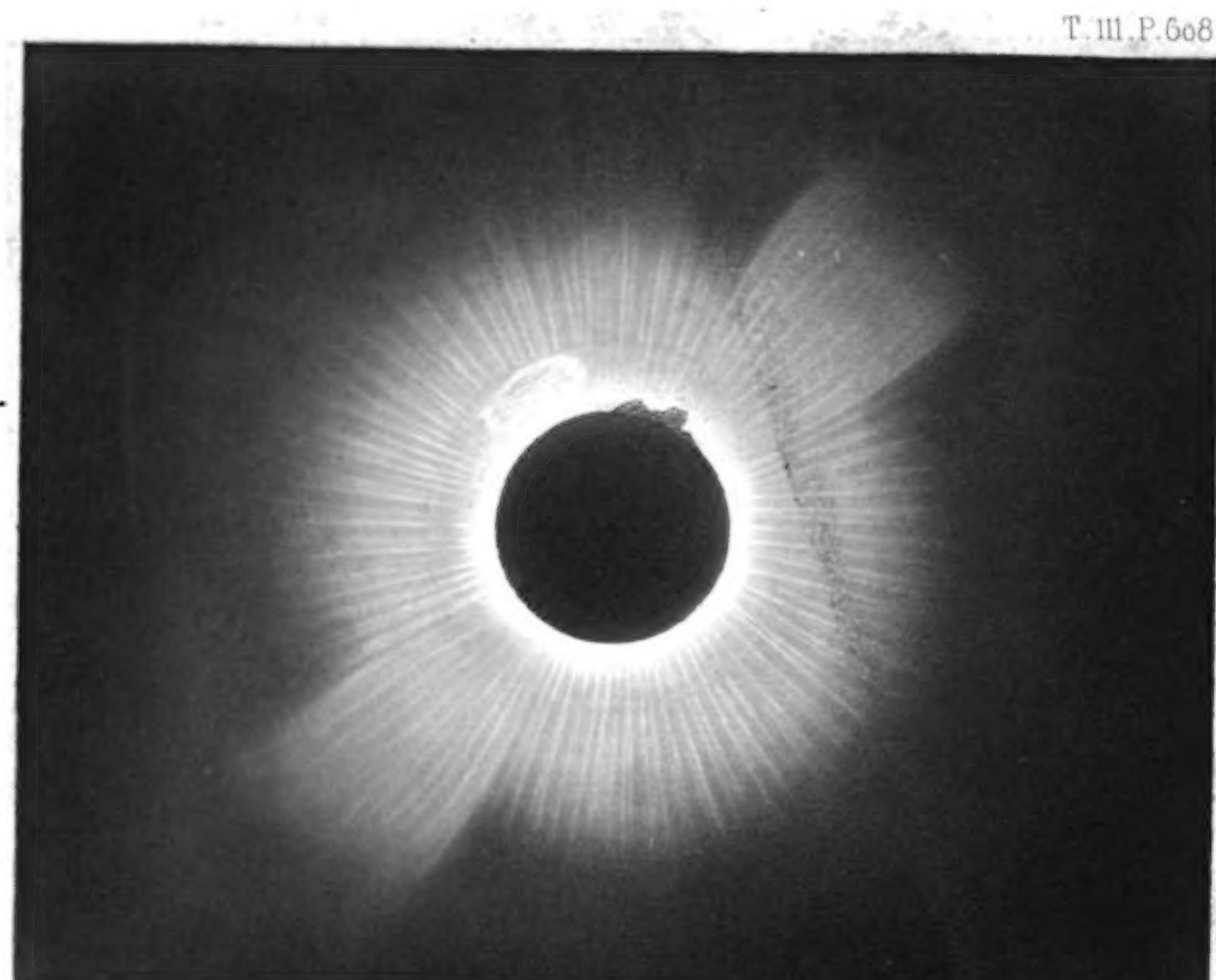


FIG. 303 _ Eclipse de Soleil du 8 Juillet 1842

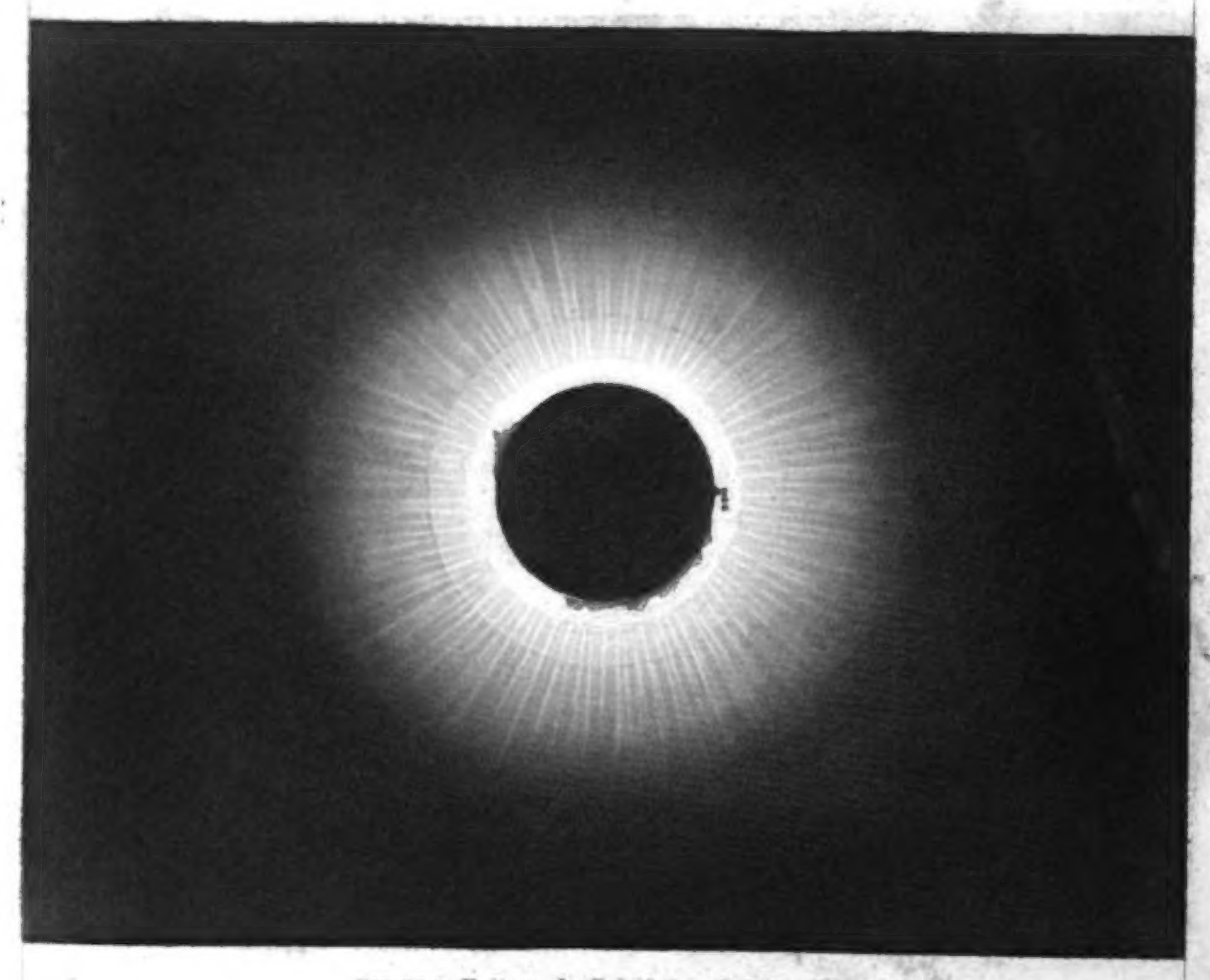


FIG. 304 _ Eclipse de Soleil du 28 Juillet 1851

...utefeuille, Paris

Guiguet del et Sc

